

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

Struttura Semplice “Attività di Produzione”

OGGETTO:

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE

NEL COMUNE DI CHIVASSO

RELAZIONE I e II CAMPAGNA (dal 29/10/2015 al 19/11/2015 e dal 08/08/2016 al 06/09/2016)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Prof.le Nome: Dr.ssa Laura Milizia	Data:	Firma:
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte: dr.ssa Annalisa Bruno, sig.ra Maria Leogrande, dr.ssa Marilena Maringo, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, dr.ssa Claudia Strumia, dr.ssa Elisa Calderaro, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Chivasso per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	8
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>9</i>
<i>Il Laboratorio Mobile.....</i>	<i>11</i>
<i>Il quadro normativo.....</i>	<i>11</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
<i>Traffico veicolare</i>	<i>17</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>23</i>
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici</i>	<i>29</i>
Biossido di zolfo	30
Monossido di Carbonio	32
Ossidi di Azoto	34
Benzene e Toluene	40
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5).....	44
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	51
Metalli	55
Ozono	60
CONCLUSIONI	65
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	66

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione - determinata da fattori naturali e/o artificiali - dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale.

Oggigiorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella Tabella 1 sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei siti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso il sito:
<http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/sguardo>.

Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

Altre informazioni ed approfondimenti possono essere reperiti su:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/aria>.

Tabella 1 – Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	Traffico autoveicolare veicoli a benzina	Traffico autoveicolare veicoli diesel	Emissioni industriali	Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi	Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, i limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono il D.Lgs 155/2010 ha abrogato il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio

Il **D.Lgs 155/2010** ha inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che sono state definite con Decreto del

Ministero dell'Ambiente (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella Tabella 2, nella Tabella 3 e nella Tabella 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2015".

Tabella 2 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D.Lgs. 155/2010)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 155/2010)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri ⁽³⁾	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

(1) La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h÷(h-8)
(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.
(3) La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove z=3-6; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.
(4) Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--
	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 155/2010)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 ng/m ³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Chivasso, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta del Comune di Chivasso prot. Arpa n° 592258 del 05/11/14, protocollo del Comune prot. n° 37426 del 05/11/2014.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato presso la rotonda di Viale Vittorio Veneto a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Chivasso. La scelta del sito è legata al cambio di viabilità lungo Viale Vittorio Veneto e quindi alla verifica dei livelli d'inquinamento conseguenti, allo scopo di valutare il traffico lungo tale via è stato installato un contatraffico.

Contestualmente alla verifica dei parametri di legge tramite laboratorio mobile è stato installato, anche durante la seconda campagna di misure, un campionatore gravimetrico di polveri presso l'ex asilo di via Moro al fine di valutare i livelli di PM₁₀ in quel contesto.

La prima campagna di monitoraggio è stata effettuata dal 29/10/2015 al 19/11/2015, mentre la seconda campagna si è svolta dal 08/08/2016 al 06/09/2016.

Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

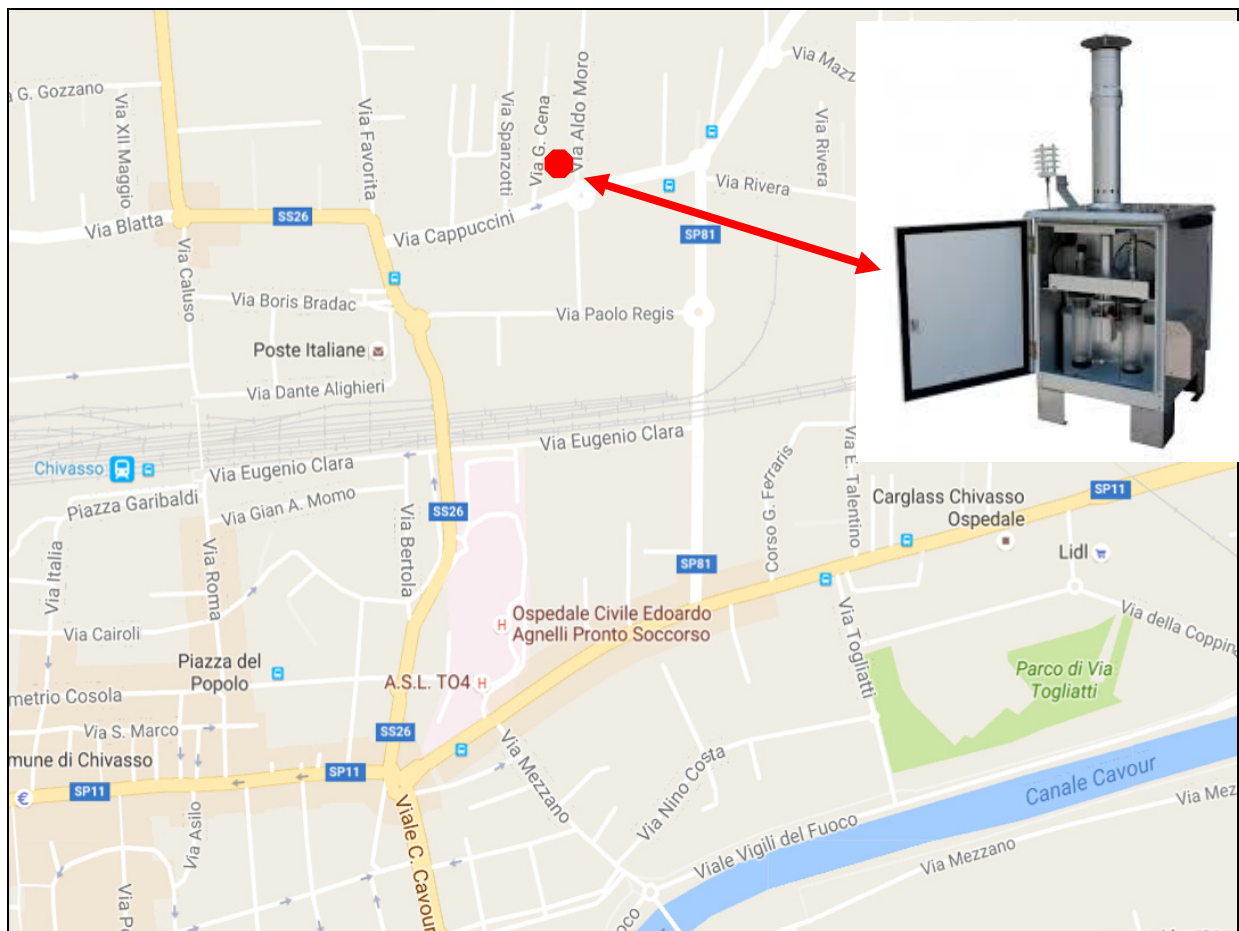
Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con i Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Si ricorda inoltre che la stazione mobile non fornisce la misura delle concentrazioni di sostanze odorigene in quanto le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sia mobili che fisse sono attrezzate per rilevare, tra le molte sostanze presenti in atmosfera, gli inquinanti previsti dalla normativa (PM₁₀, PM_{2.5}, ozono, ossidi di azoto e di zolfo ecc.), i quali sono caratterizzati da una significativa e accertata tossicità e da un'ampia diffusione territoriale nelle zone antropizzate, ma non da soglie olfattive particolarmente basse. Le campagne effettuate con la stazione mobile permettono quindi di verificare se le molestie olfattive sono accompagnate da condizioni di specifica criticità per gli inquinanti normati, ma non di quantificare le concentrazioni delle sostanze odorigene presenti.

Figura 2 - Ubicazione del campionatore gravimetrico di PM_{10} nel comune di Chivasso.



TRAFFICO VEICOLARE

Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto a conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti lungo viale v. Veneto, a circa 150 mt dal laboratorio mobile. Il periodo di monitoraggio durante la seconda campagna si è svolto dal 09 agosto al 5 settembre 2016.

Il contatraffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta GmbH modello Viacount II ed è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale; il sensore radar misura i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. In particolare lo strumento determina la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti:

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

Prendendo come riferimento le "Le linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) si è potuto classificare il sito di Chivasso in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari lungo il viale è stato di **2313** veicoli/giorno nel periodo estivo e **8988** nel periodo invernale.

In base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell'esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 1), il valore riscontrato di **5650** veicoli/giorno individua per la strada indagata una condizione di volume di traffico medio, essendo i passaggi giornalieri compresi tra 2000 e 10000 veicoli giornalieri veicoli/giorno.

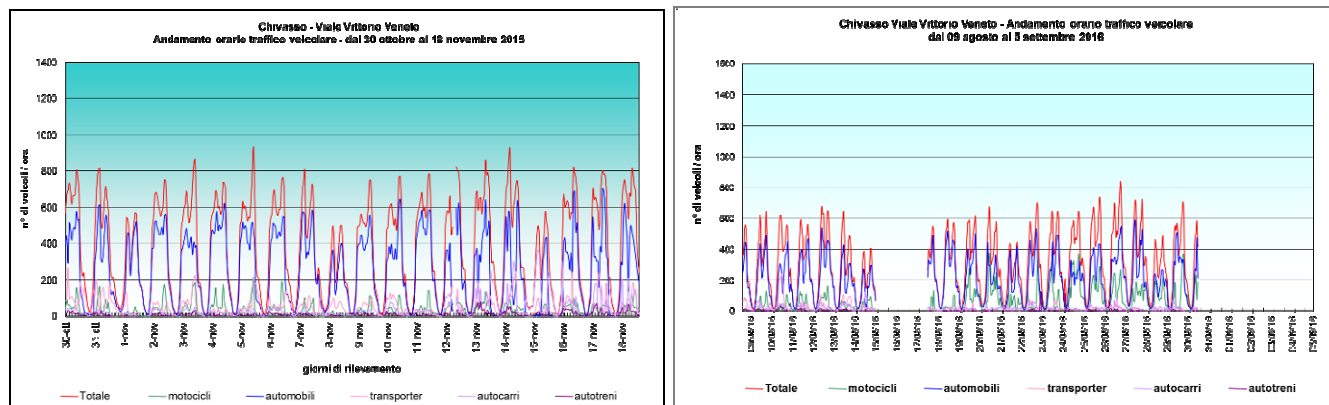
Dall'analisi dei dati di traffico nel corso delle campagne di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- si sono rilevati sull'asse viario preso in considerazione flussi veicolari quantitativamente significativi nel periodo invernale, con una netta diminuzione nel periodo estivo, probabilmente legato al periodo di ferie estive. Nell'analisi dei flussi elaborati in base al giorno della settimana nel periodo invernale non si evidenziano particolari differenze nei giorni della settimana; nel periodo estivo emergono diminuzioni significative nei giorni centrali della settimana probabilmente imputabile alla chiusura dei servizi nel mese di agosto (vedi [Figura 5](#));
- le percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale (transporter, che di norma hanno motori diesel) in transito lungo l'asse viario considerato sono risultate significative (vedi [Figura 6](#));
- la combustione dei motori dei veicoli di norma genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂) ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di

quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta, specialmente nei mesi caldi in cui il maggiore irraggiamento solare favorisce la conversione del monossido di azoto in biossido. L'emissione di ossidi di azoto e particolato è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel, per cui la presenza di una percentuale relativamente elevata di veicoli pesanti e da trasporto commerciale, come nel caso in questione, ha un effetto rilevante sull'inquinamento atmosferico. A titolo di esempio¹ si consideri che gli autoveicoli per il trasporto passeggeri con alimentazione diesel (quella più critica in termini di emissioni sia di particolato che di ossidi di azoto) di categoria da Euro 2 a Euro 4 hanno fattori di emissione che vanno da 0.6 a 0.9 g/km per gli ossidi di azoto e da 0.03 a 0.06 g/km per il particolato, mentre per i mezzi pesanti di analoga categoria (da Euro II a Euro IV) i fattori di emissione vanno rispettivamente da 2 a 7 g/km e da 0.01 (solo per gli Euro IV minori di 7.5 t) a 7.5 g/km. Va inoltre considerato che il biossido di azoto, oltre a costituire di per sé un inquinante atmosferico, è uno dei principali precursori del particolato di origine secondaria;

- per il benzene si riscontra una correlazione tra i picchi di concentrazione e l'andamento temporale giornaliero dei flussi veicolari, soprattutto nella campagna autunnale (*Figura 10*); in questo caso le escursioni della concentrazione sono meno evidenti rispetto a quelle degli ossidi d'azoto, considerando che le concentrazioni di benzene variano da 1.0 a 1.8 µg/m³ circa nel periodo estivo e da 2.2 a 3.5 µg/m³ nel periodo autunnale. Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici.

Figura 3: andamento orario traffico veicolare



¹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009 1.A.3.b Road transport GB2009 update May 2012
Tabelle 3.16-3-17-3.20 e 3.21

Figura 4: andamento giornaliero (solo giorni completi)

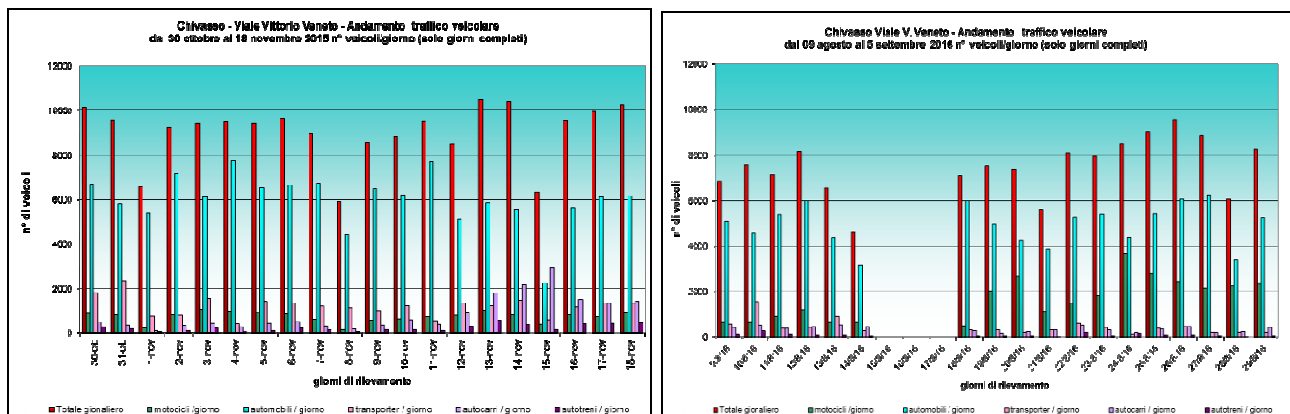


Figura 5: traffico veicolare grafico settimanale – Chivasso_Viale V. Veneto (solo giorni completi) – campagna estiva ed invernale

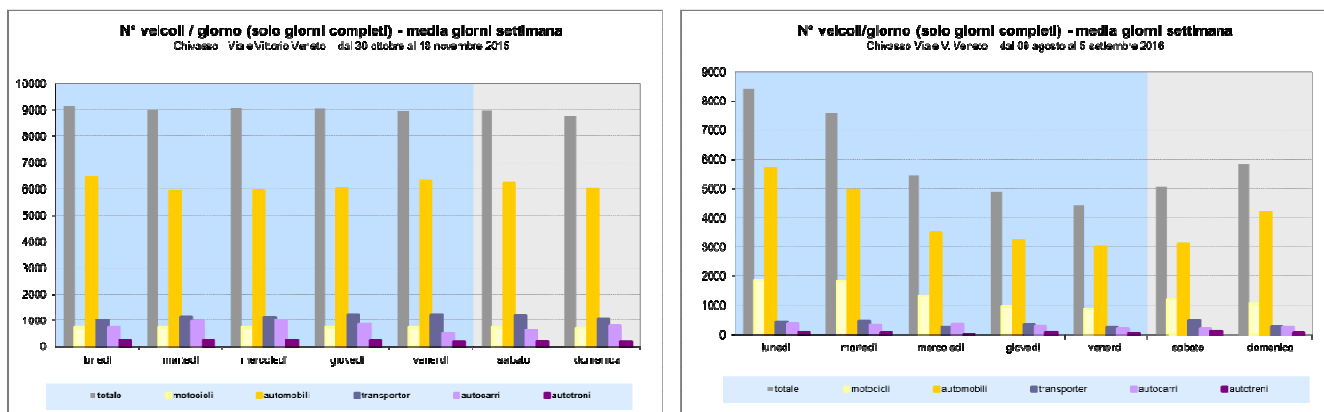


Figura 6: traffico veicolare – Chivasso_Viale V. Veneto - valutazione di frequenza

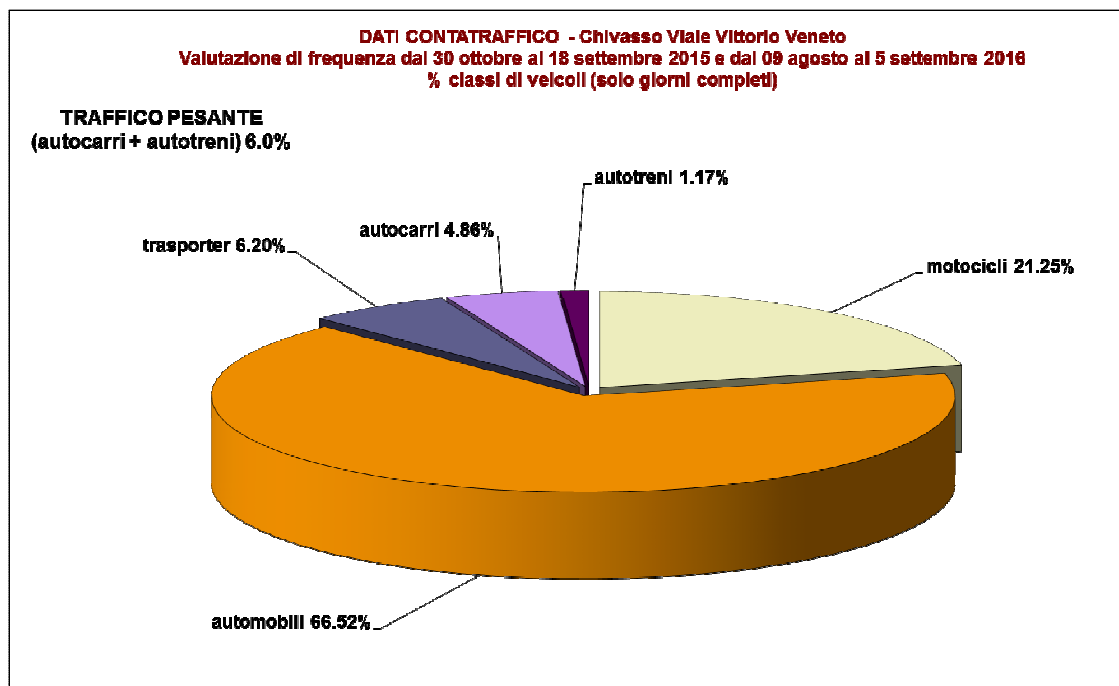


Figura 7: giorno medio flussi di traffico veicolare suddiviso in classi di veicoli in Chivasso_Viale V. Veneto

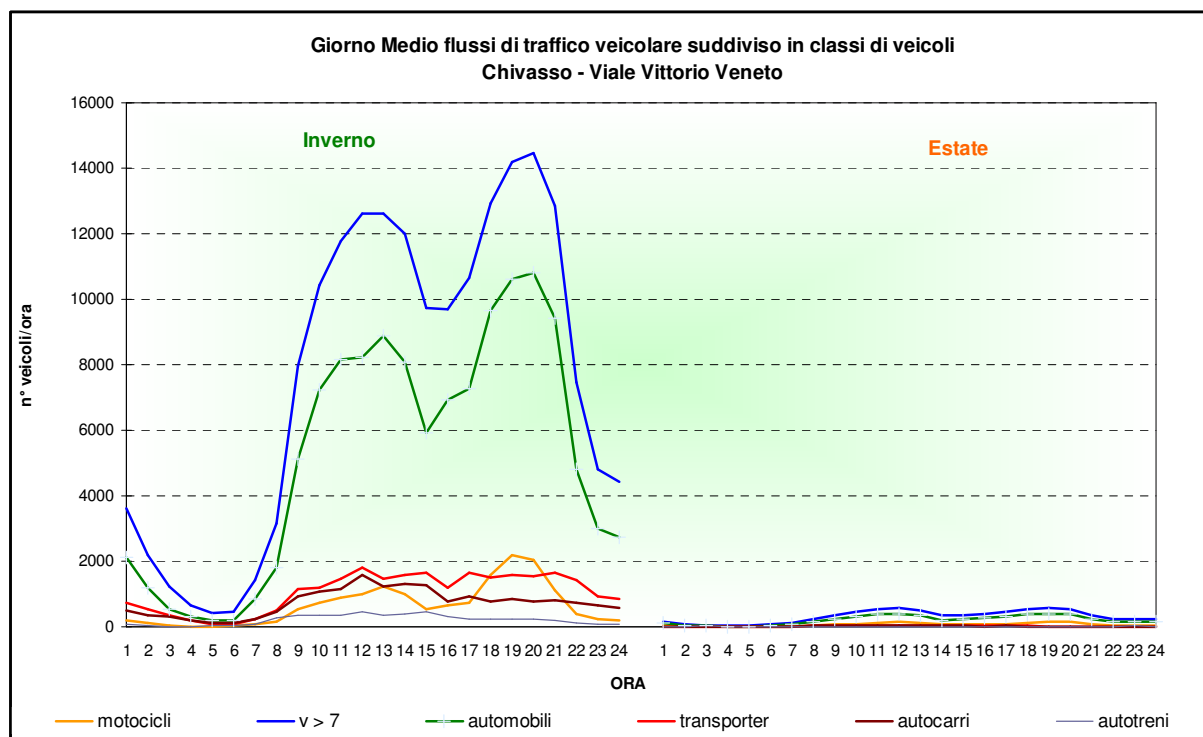


Figura 8: confronto giorno medio veicoli totale con giorno medio degli ossidi di azoto durante le due campagne di misura

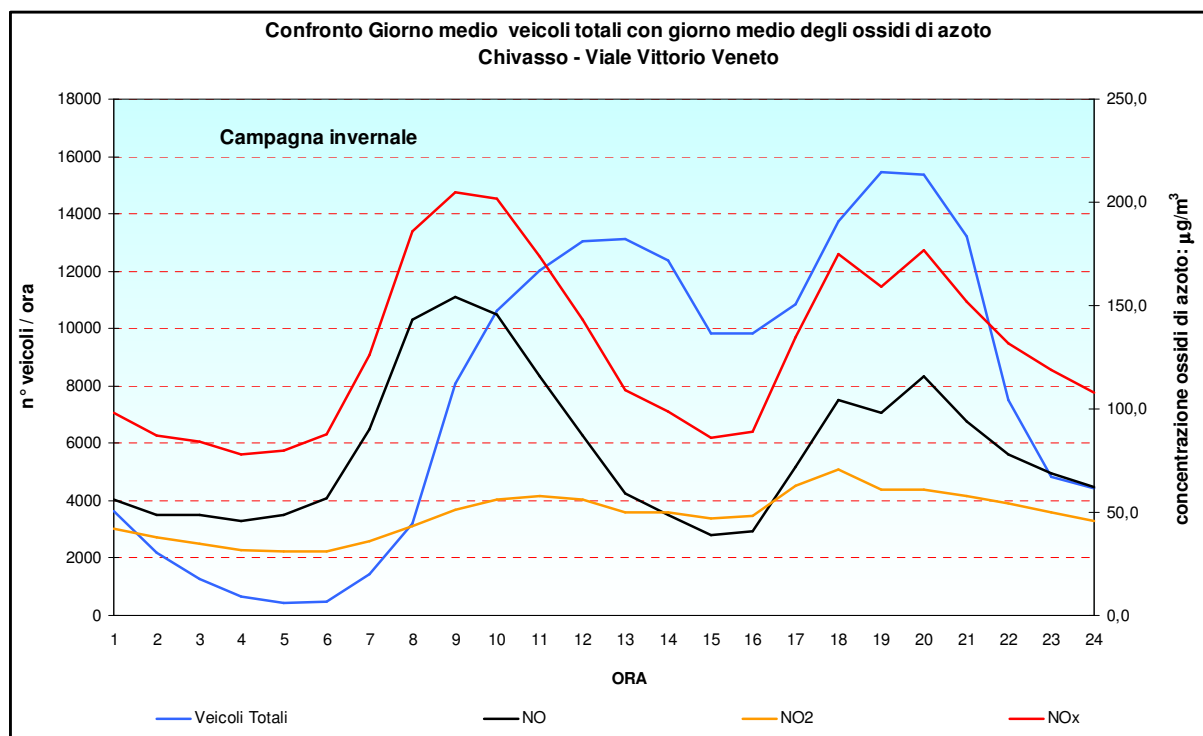


Figura 9: confronto giorno medio veicoli totale con giorno medio degli ossidi di azoto durante le due campagne di misura

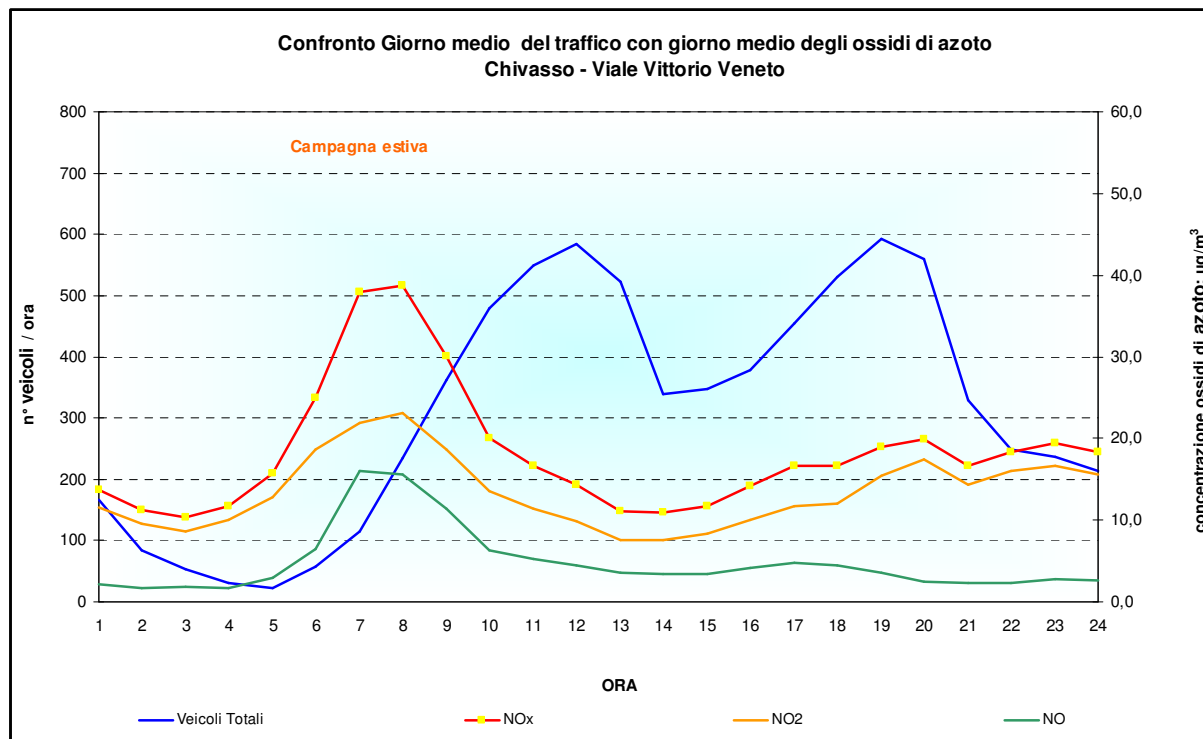
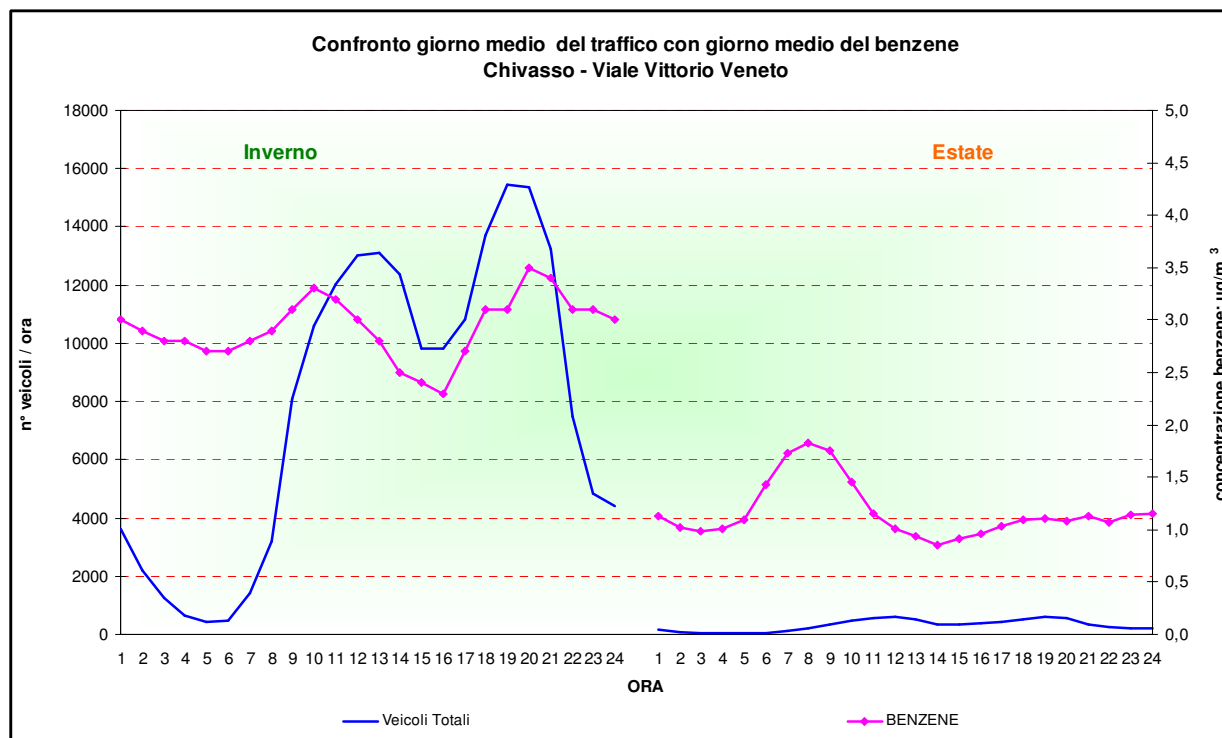
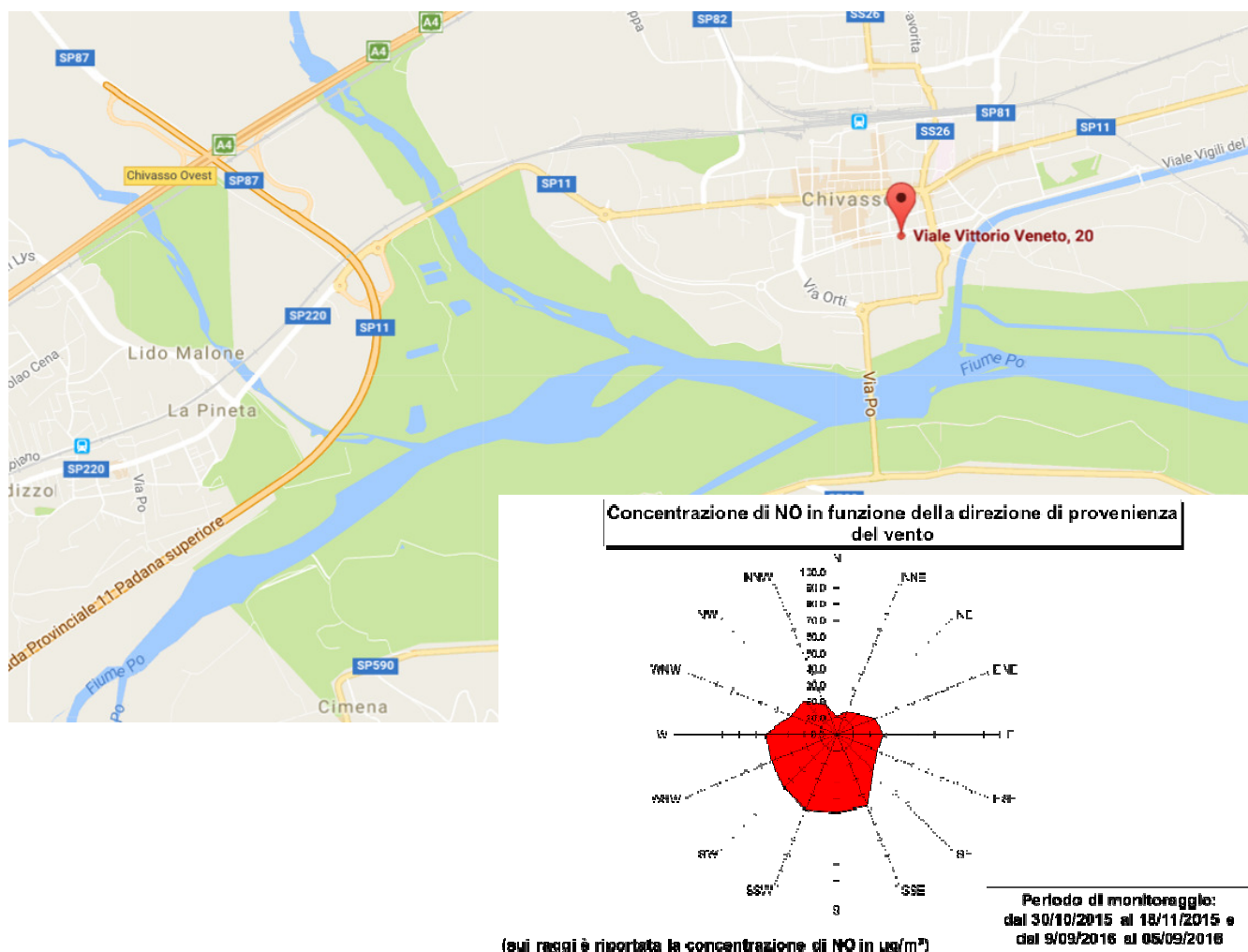


Figura 10: confronto giorno medio veicoli totale con giorno medio benzene



Dalla Figura 8 e Figura 9 si nota un'anticipazione del picco mattutino degli ossidi di azoto rispetto al picco dei veicoli totali in transito su corso V. Veneto. Ciò può essere spiegato verosimilmente dal fatto che gli ossidi di azoto rilevati dal laboratorio mobile sono legati oltre che al traffico in zona dal traffico lungo la SP 11 e la provinciale Padana superiore, vedi Figura 11, trafficate nelle prime ore del mattino.

Figura 11: concentrazione di NO in funzione della provenienza del vento e mappa della zona



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi. I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

pressione atmosferica	P	hPa
direzione vento	D.V.	gradi sessagesimali
velocità vento	V.V.	m/s
temperatura	T	°C
umidità relativa	U.R.	%
radiazione solare globale	R.S.G.	W/m ²
pioggia	Pioggia	mm/h

Rispetto alle condizioni meteorologiche registrate in Piemonte nei mesi di ottobre - novembre 2015 e agosto - settembre 2016 si riportano di seguito le considerazioni generali contenute nelle relazioni climatiche redatte per questi mesi dal Servizio Meteo di Arpa Piemonte.

In Piemonte il mese di novembre 2015 è stato caratterizzato da un'ampia anomalia barica positiva sull'Europa occidentale, causata dall'espansione di un'area di alta pressione di matrice atlantica, con diretto interessamento del territorio piemontese, che ha goduto di condizioni di stabilità e temperature superiori alla norma per le prime due decadi del mese.

Il picco termico è stato raggiunto il 10 novembre, risultato il giorno più caldo del mese con 22.2°C di media delle temperature massime in pianura e valore più elevato a Basaluzzo (AL) con 26.5°C. In tale giornata 146 termometri (pari al 54% della rete Arpa Piemonte) hanno stabilito il primato di temperatura massima per il mese di novembre. Si è trattata di una vera e propria "Estate di San Martino" (il giorno 11 novembre viene ricordato tale santo), in quanto si sono registrati valori record per il mese per circa una settimana, tra il 6 ed il 12 novembre.

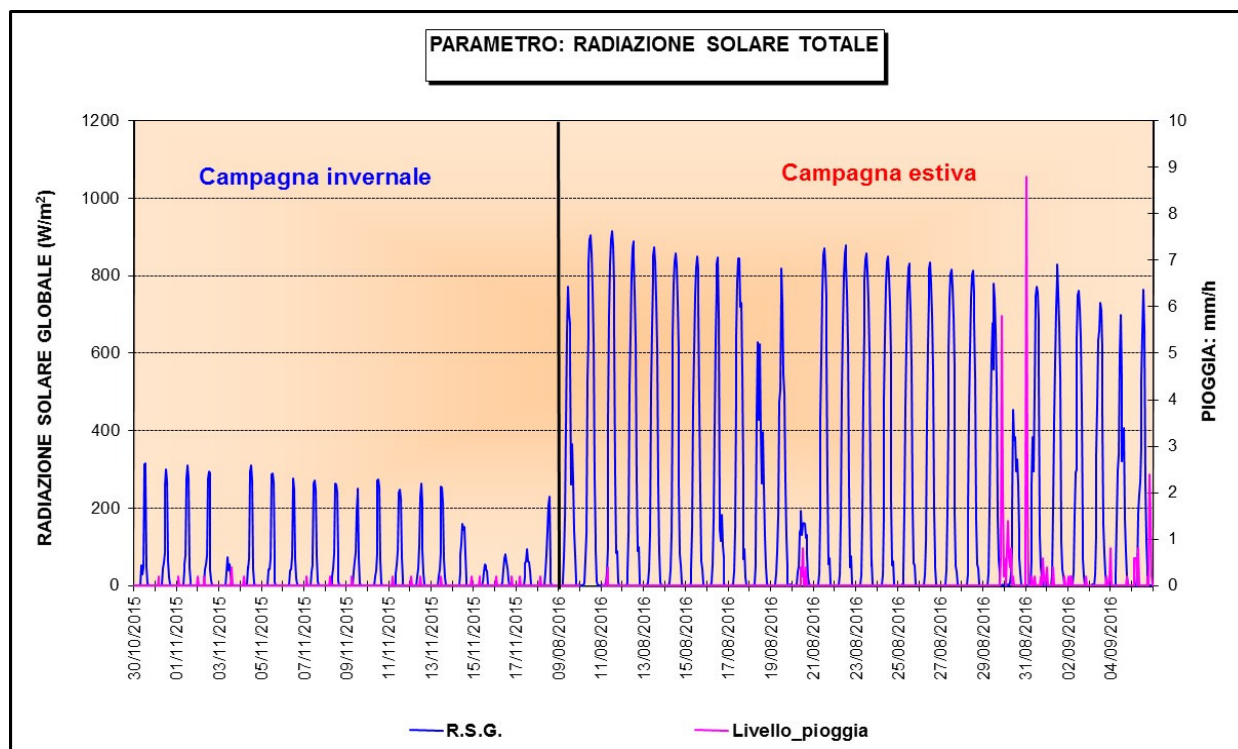
L'evento più rilevante della prima decade del mese di agosto 2016 è stato rappresentato dall'avvicinamento all'arco alpino occidentale di una saccatura atlantica nel giorno 4, evoluta poi in circolazione depressionaria chiusa sul nord Italia nel giorno successivo. All'inizio della seconda decade del mese di agosto 2016 si è verificato un afflusso di aria fredda dall'Europa settentrionale verso la penisola italiana. Sebbene nei giorni 9 e 10 agosto si siano verificati dei temporali sul Piemonte con picchi localmente forti sul Verbano, sul territorio piemontese l'effetto prevalente della discesa di aria fredda si è avuto sulle temperature; l'11 agosto è risultato il giorno mediamente più freddo del mese e 4 termometri situati sui rilievi alpini hanno registrato il valore più basso di temperatura minima nel mese di agosto a partire dalla data di installazione.

Temperature ampiamente inferiori alla norma anche il giorno successivo, risultato quello con le temperature minime più basse del mese sulle zone pianeggianti, con 12.2°C il valore medio delle minime in pianura.

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		hPa		m/s	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	9.6	65	5.8	19.5	78	56	999	989	0.26	0.26
Massima media giornaliera	46	282	13.2	24.9	100	86	1012	1003	0.62	0.58
Media delle medie giornaliere	36	227	10.2	23.1	86	67	1004	996	0.39	0.40
Giorni validi	20	27	20	27	20	27	20	27	20	22
Percentuale giorni validi	100	96	100	96	100	96	100	96	100	79
Media dei valori orari	36	227	10.2	23.1	86	67	1004	996	0.39	0.41
Massima media oraria	316	914	20.5	32.0	100	96	1013	1004	1.50	1.40
Ore valide	480	648	480	648	480	648	480	648	430	543
Percentuale ore valide	100	96	100	96	100	96	100	96	90	81

Figura 12 – Andamento della radiazione solare globale e del livello di pioggia nel corso delle campagne di monitoraggio



L'ultima decade del mese è stata caratterizzata dall'espansione di un promontorio anticiclonico di matrice africana verso l'Europa centro-occidentale. Dal punto di vista termico i maggiori effetti sul territorio piemontese si sono avuti il giorno 28, risultato quello con le temperature massime più elevate del mese, con un valore medio di 32.2°C sulle zone pianeggianti.

Tra la serata del 29 e la mattinata del 30, i temporali hanno interessato sostanzialmente tutta la regione piemontese e localmente sono stati associati a forti grandinate. Il picco orario più rilevante si è registrato nel pluviometro di Torino Via della Consolata con 69 mm.

In Tabella 5 sono riassunti i dati statistici dei parametri meteorologici registrati durante il corso delle due campagne di monitoraggio.

Figura 13 – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio

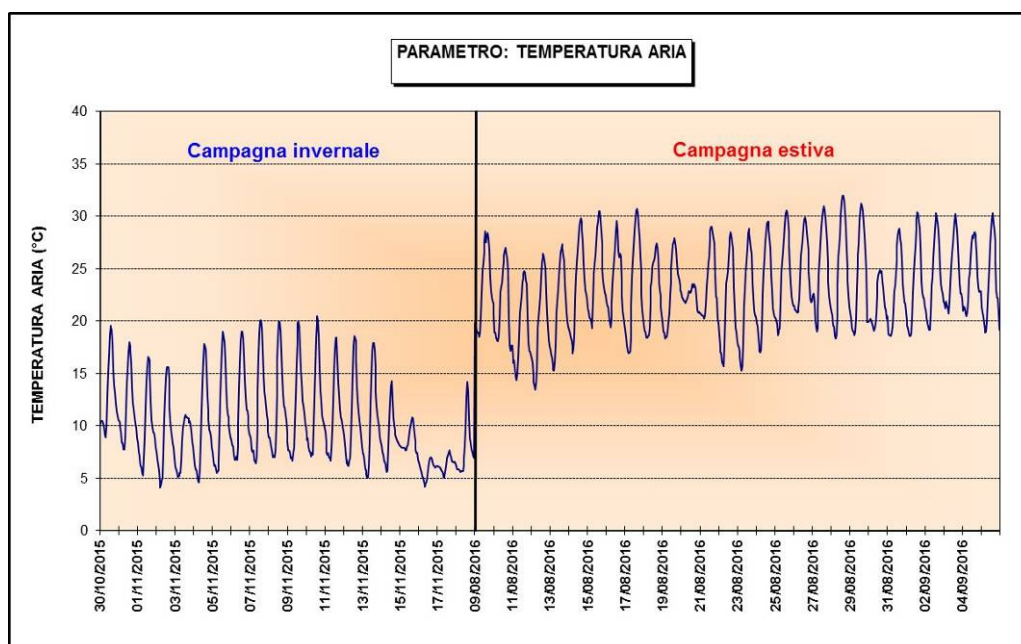


Figura 14– Andamento dell'umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio

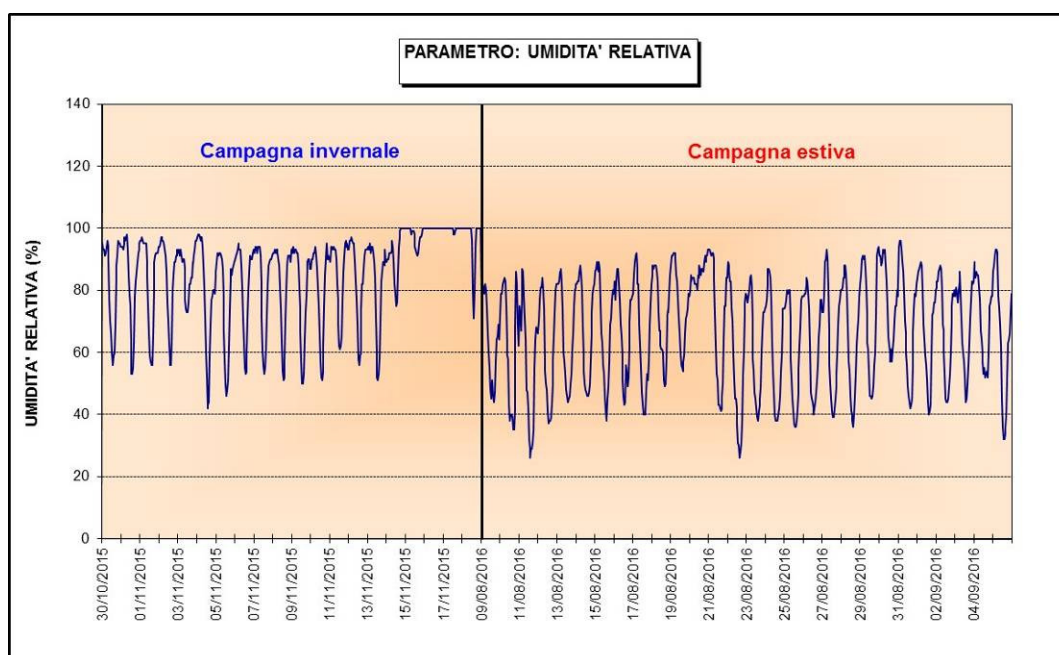


Figura 15 – Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio

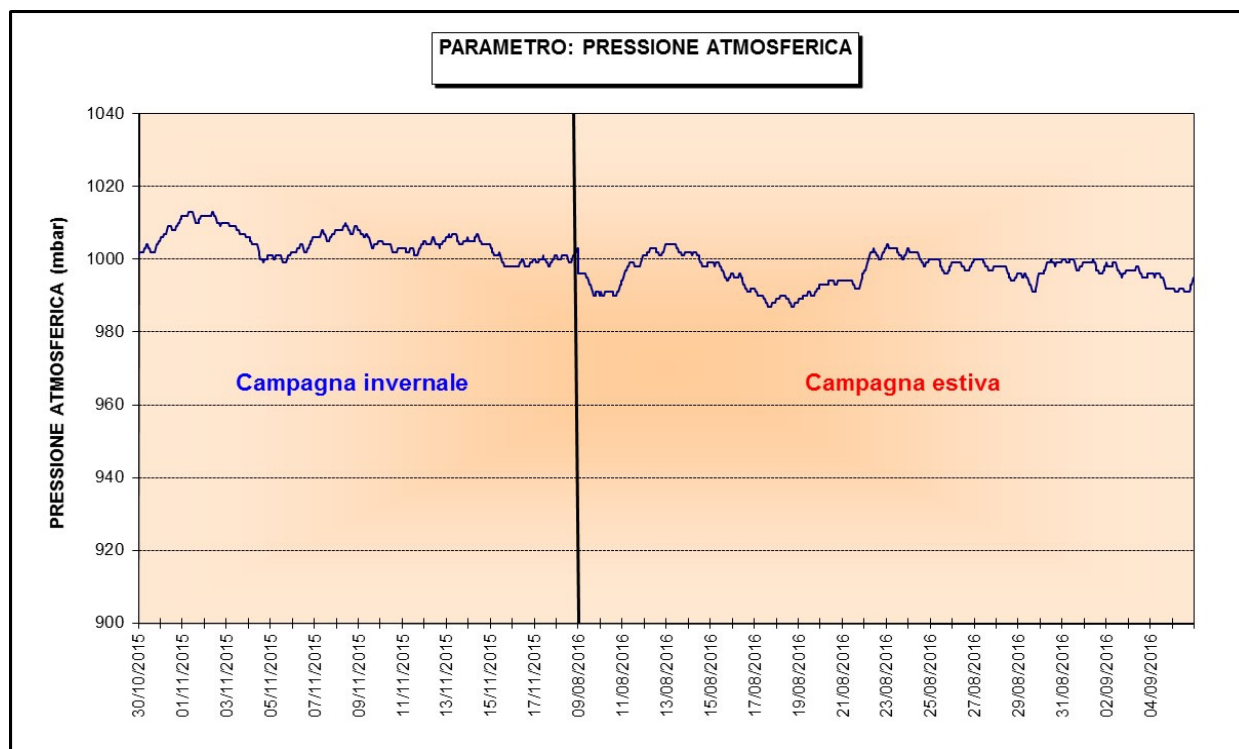


Figura 16 – Andamento della velocità dei venti nel corso delle campagne di monitoraggio

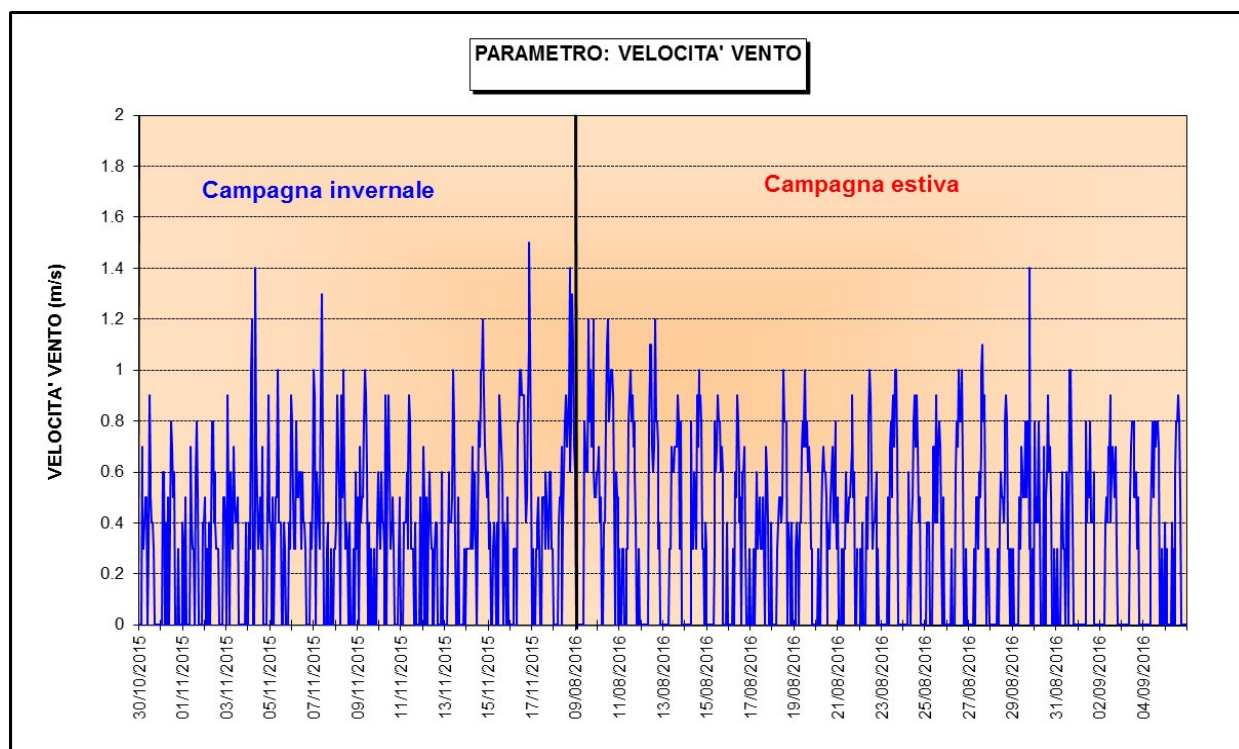


Figura 17 – Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

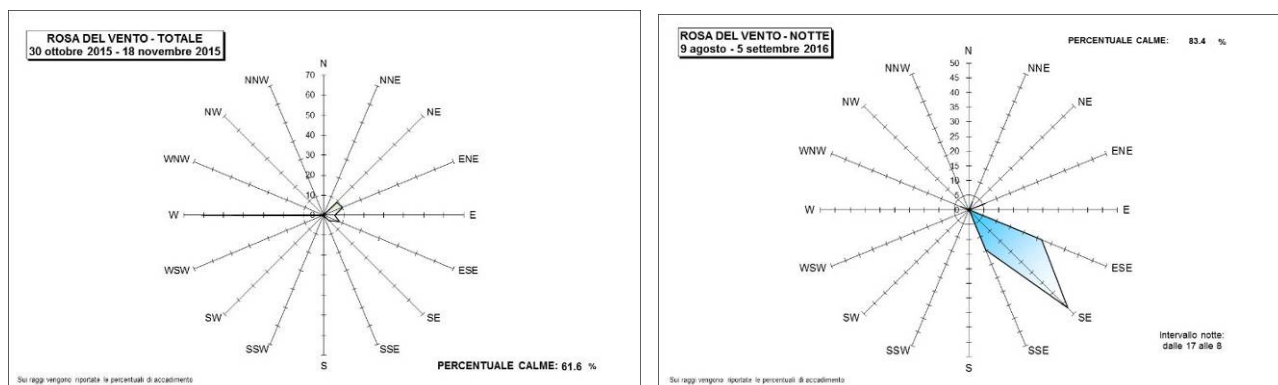


Figura 18 – Rosa dei venti diurna nel corso delle campagne di monitoraggio

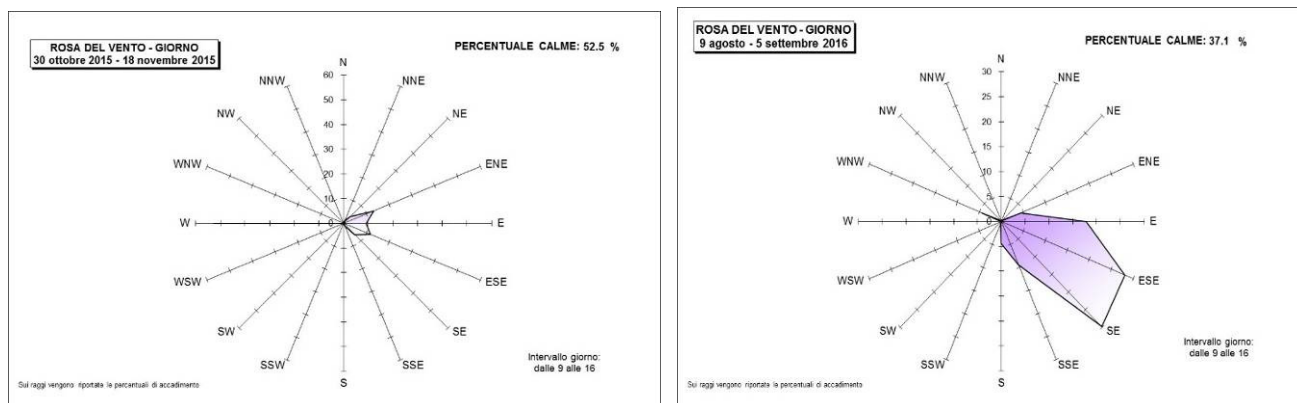
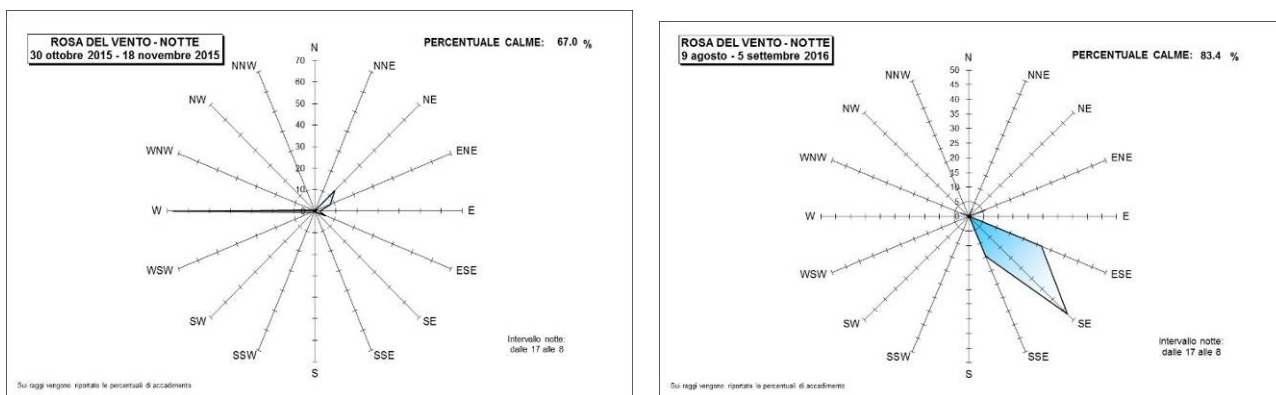


Figura 19 – Rosa dei venti notturna nel corso delle campagne di monitoraggio



Le rose dei venti evidenziano la presenza di venti provenienti da direzioni tra SE e ESE durante le ore diurne e prevalentemente da SE durante quelle notturne nel periodo estivo; nel periodo invernale in orario diurno prevalgono le direzioni ENE ed ESE, mentre di notte la direzione è quasi esclusivamente NE.

Il periodo di monitoraggio è stato caratterizzato, come si osserva nella Figura 12, da precipitazioni relativamente abbondanti negli ultimi giorni di agosto. Il periodo invernale invece è stato particolarmente siccitoso.

ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/aria/servizi/ariaweb.htm>, a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

Ai fini di una corretta interpretazione degli obiettivi della campagna si ricorda che le misure che sono state effettuate permettono di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Le strumentazioni di misura utilizzate nel monitoraggio della qualità dell'aria infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

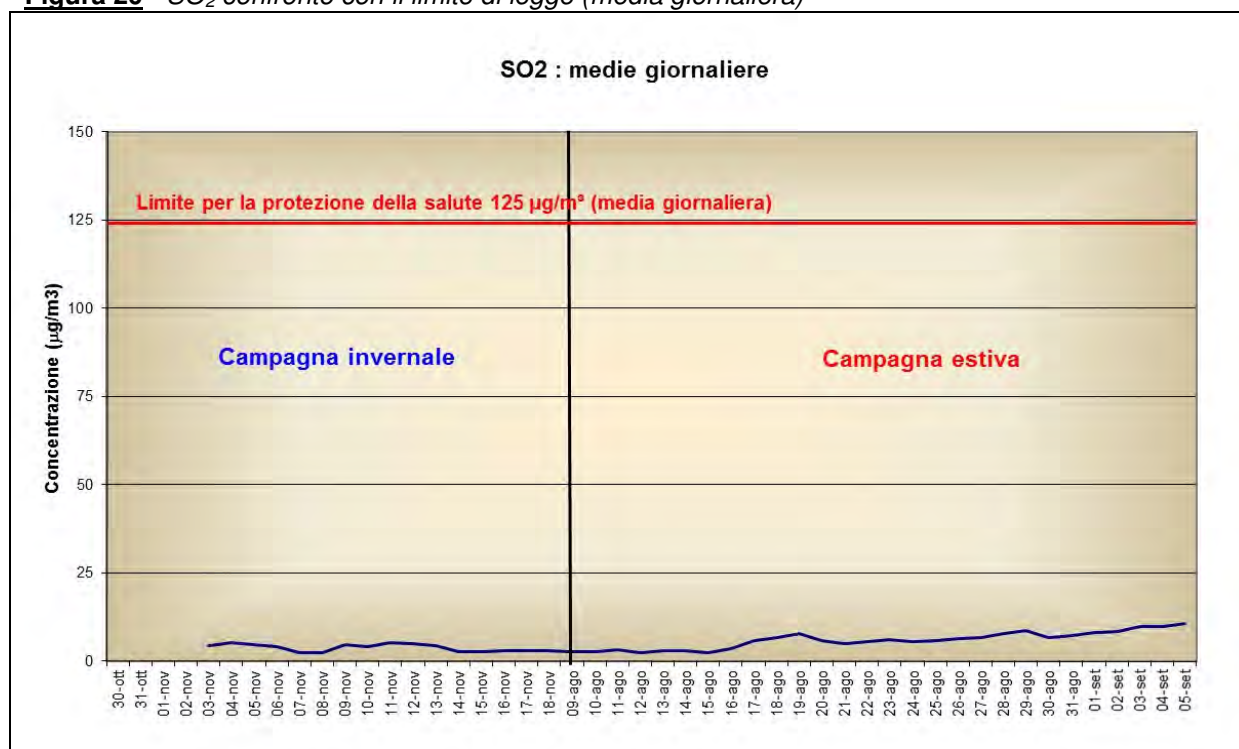
Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa e la sostituzione dei combustibili solidi con il gas naturale, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Chivasso; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 6 µg/m³ in estate e 4 µg/m³ in inverno (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. Il valore massimo orario è pari a 14 µg/m³ (estate) e 9 µg/m³ (inverno), quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in Tabella 6 e Figura 20 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Tabella 6 – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO₂ in µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2	2
Massima media giornaliera	5	11
Media delle medie giornaliere	4	6
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	4	6
Massima media oraria	9	14
Ore valide	377	671
Percentuale ore valide	79%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 20 - SO_2 confronto con il limite di legge (media giornaliera)



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

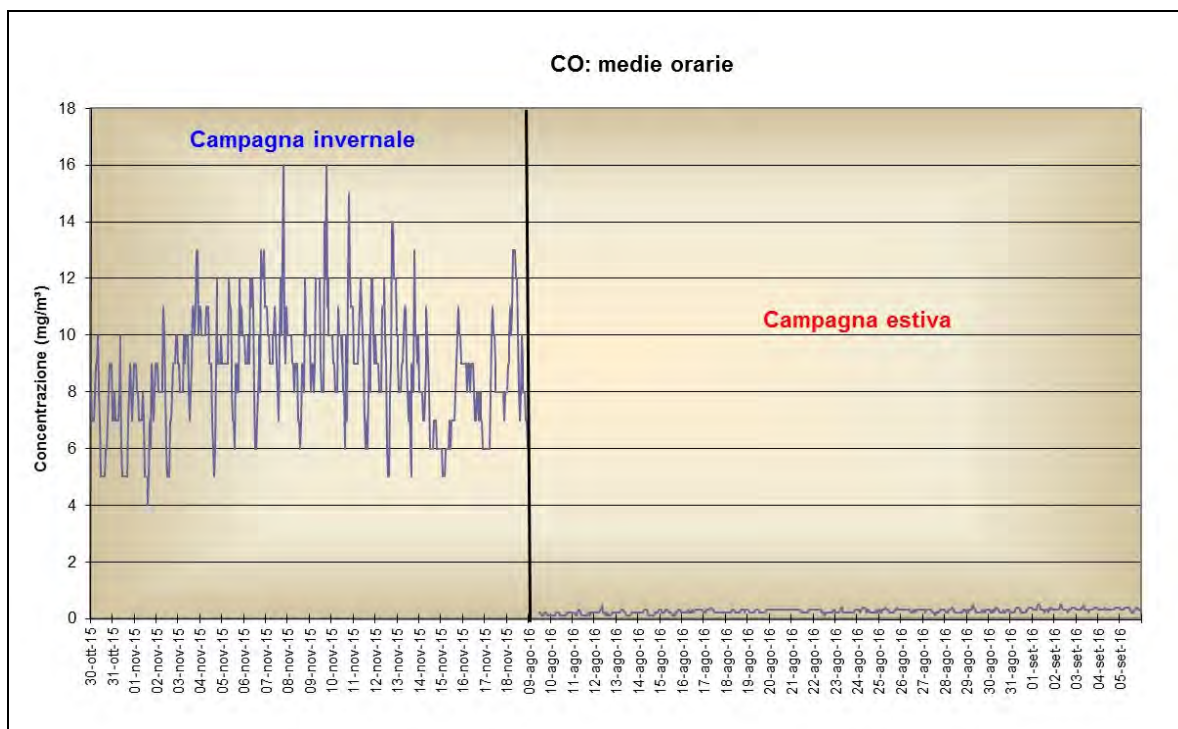
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m^3), della campagna di monitoraggio

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.7	0.1
Massima media giornaliera	1.0	0.3
Media delle medie giornaliere	0.9	0.3
Giorni validi	20	27
Percentuale giorni validi	100%	96%
Media dei valori orari	0.9	0.3
Massima media oraria	1.6	0.5
Ore valide	480	660
Percentuale ore valide	100%	98%
Minimo medie 8 ore	0.5	0.1
Media delle medie 8 ore	0.9	0.3
Massimo medie 8 ore	1.2	0.4
Percentuale medie 8 ore valide	100%	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Durante le due campagne di monitoraggio nel comune di Chivasso non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 7 e la Figura 21 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di 10 mg/m^3 che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

Figura 21 - CO andamento orario



Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in periodo invernale, usualmente più critico per gli ossidi di azoto, come esemplifica anche la media relativa a ciascuna campagna, che in estate si attesta a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre in inverno è 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 8).

Confrontando i dati con quelli osservati nella stazione fissa di Borgaro T.se si può notare come l'andamento sia simile ma i picchi siano, in alcune giornate, più pronunciati a Chivasso. Si ipotizza quindi una maggiore influenza del traffico nel sito prescelto per il monitoraggio rispetto alla stazione fissa di fondo.

Tabella 8 - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	32	2
Massima media giornaliera	124	9
Media delle medie giornaliere (b):	80	5
Giorni validi	19	28
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	80	5
Massima media oraria	256	45
Ore valide	456	671
Percentuale ore valide	95%	100%

Figura 22 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

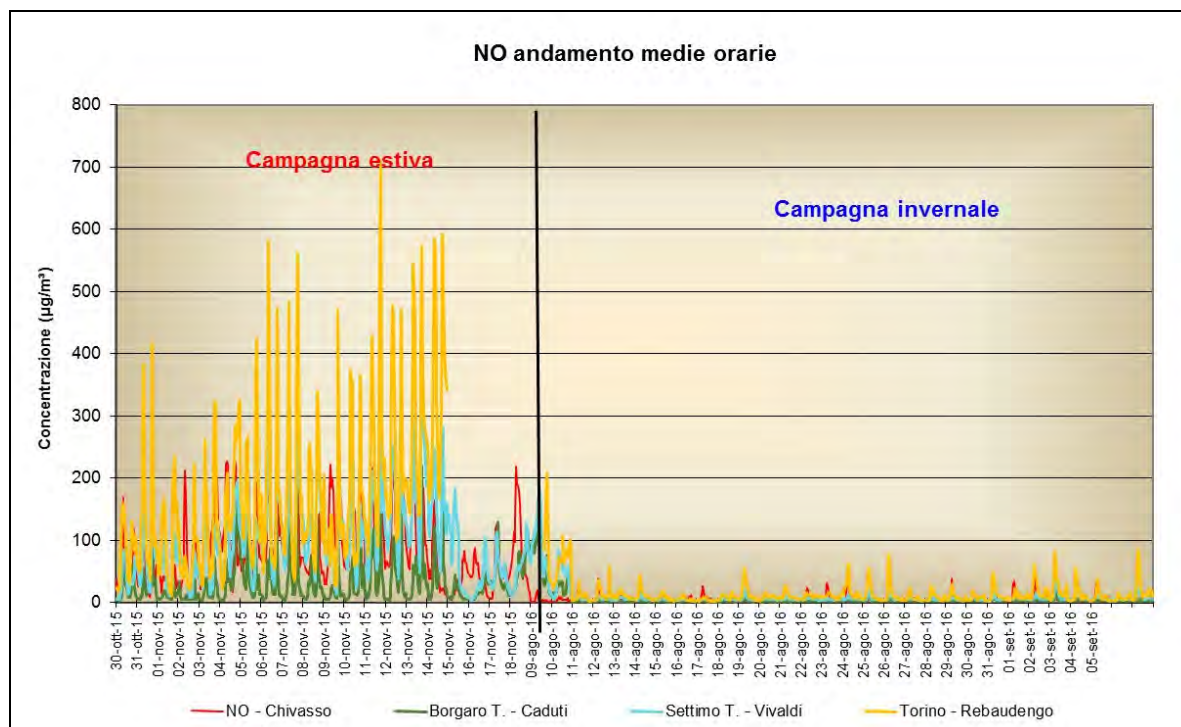
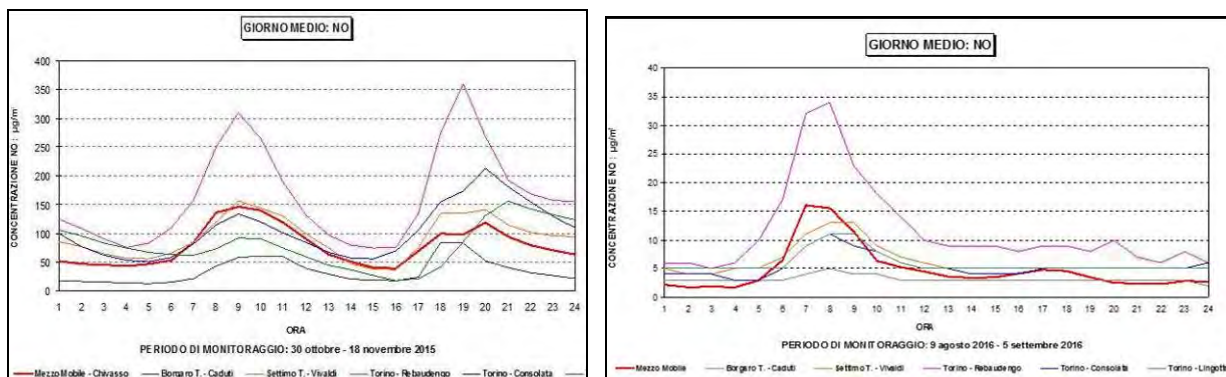


Figura 23 - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



E' interessante notare come nel periodo invernale il profilo giornaliero evidenzia due picchi, uno al mattino e uno in serata, ciò non avviene in estate in quanto a seguito del soleggiamento il monossido di azoto viene convertito in biossido di azoto.

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nel Comune di Chivasso, l'andamento dell'NO₂ registra un valore medio di 13 µg/m³, con un picco di 19 µg/m³, nel periodo estivo; in inverno i valori sono superiori, con un valor medio di 49 µg/m³ e un picco di 64 µg/m³, ma senza che si verifichi nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 9.

Tabella 9 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	30	9
Massima media giornaliera	64	19
Media delle medie giornaliere (b):	49	14
Giorni validi	19	28
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	49	13
Massima media oraria	111	53
Ore valide	456	671
Percentuale ore valide	95%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Dal grafico di Figura 24 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO₂ sono mediamente simili alla stazione fissa di Borgaro T.se, mentre la stazione di traffico urbano di Settimo T.se registra valori mediamente più elevati.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Dalla Tabella 10 e dalla Figura 27 osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Chivasso è inferiore al limite annuale di 40 µg/m³ essendo la media stimata pari a 29 µg/m³; il valore è molto simile a quello registrato nelle stazioni di fondo di Borgaro T.se.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Leinì, Settimo) e ovest (Collegno); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

m_c: media periodo campagne NO₂ Chivasso

M_c: media stimata anno 2015 NO₂ Chivasso

m_p: media periodo campagne NO₂ presso la stazione di Borgaro

M_p: media anno 2015 NO₂ Borgaro

Figura 24 – NO₂: confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

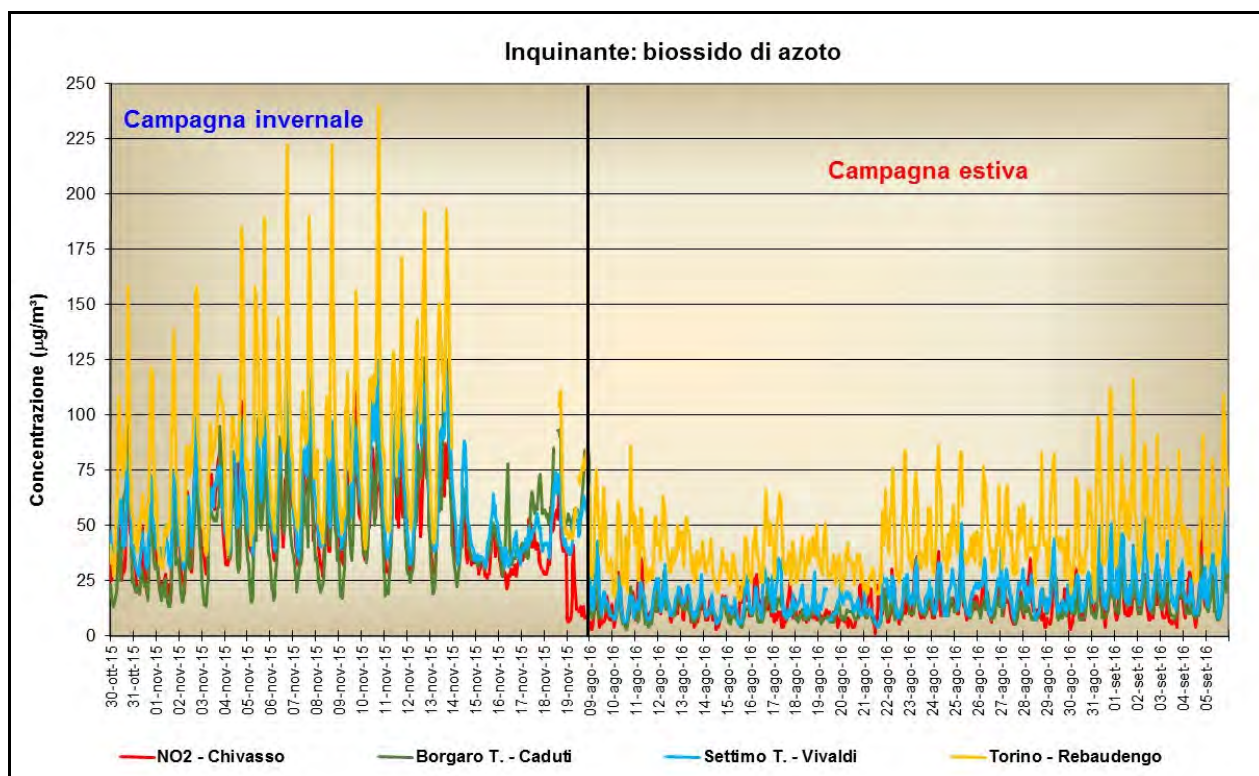


Figura 25 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio durante la campagna invernale

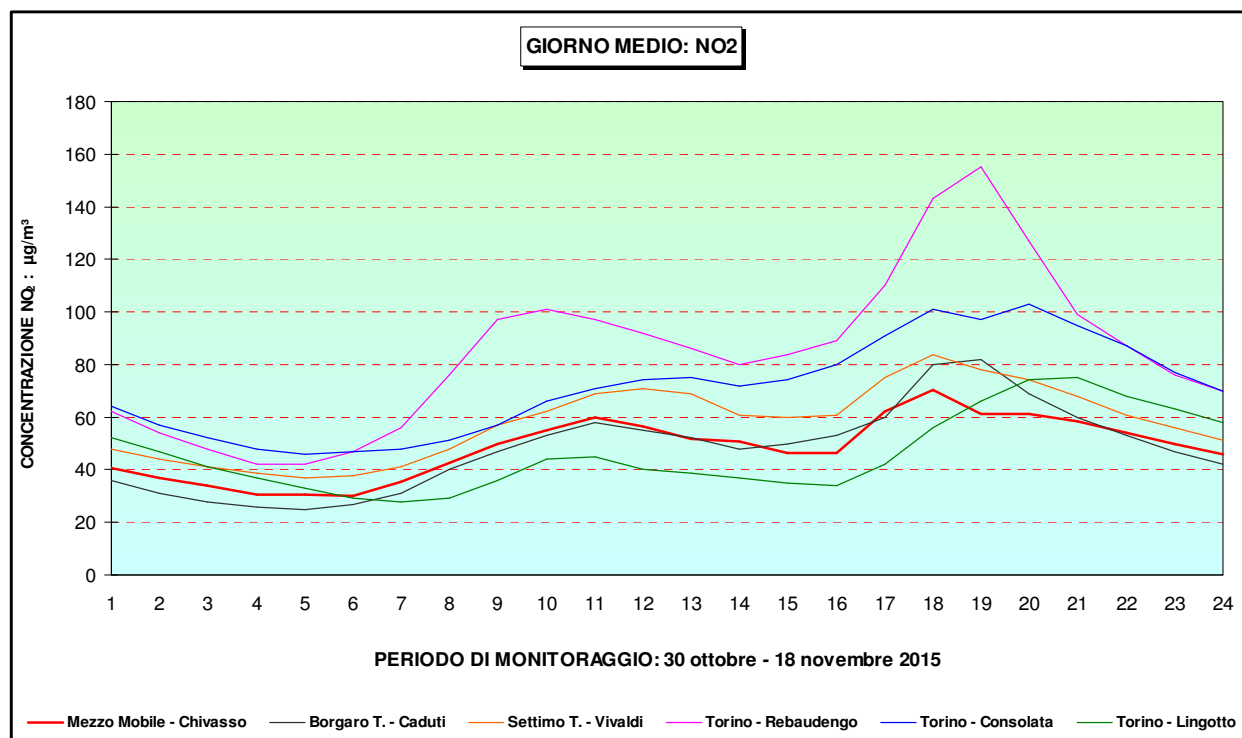


Figura 26 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio durante la campagna estiva

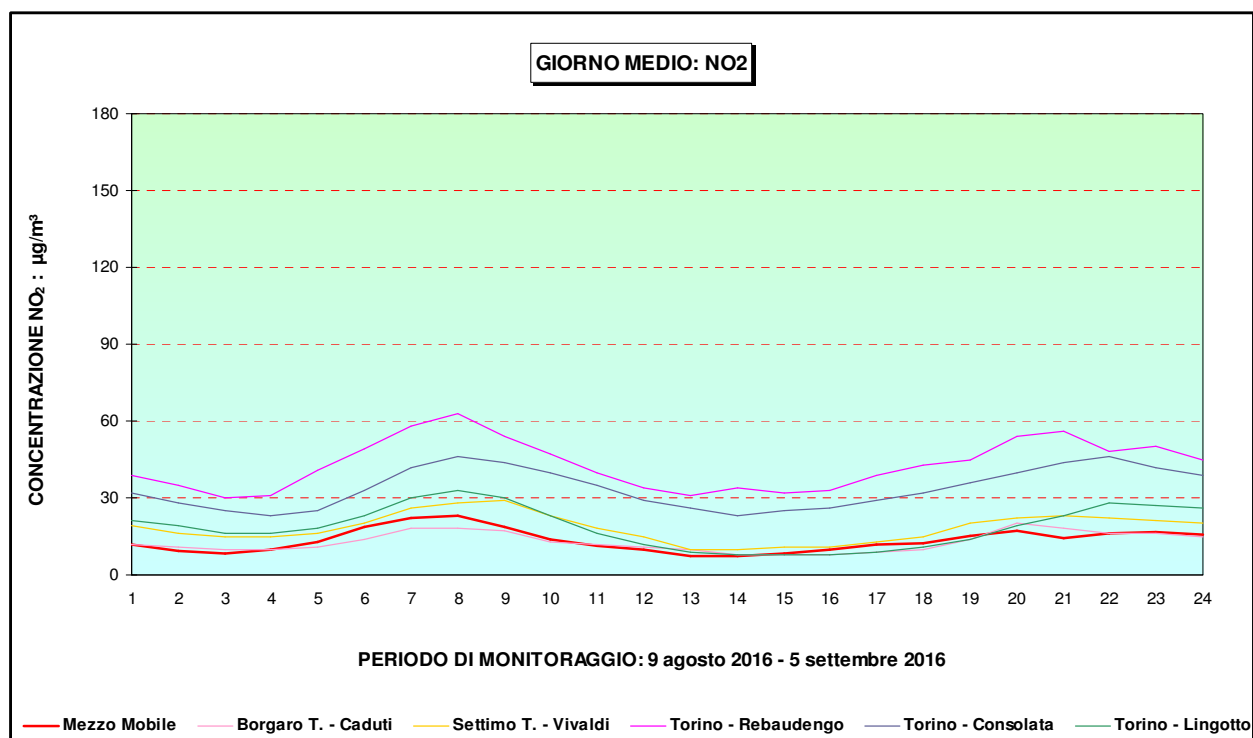
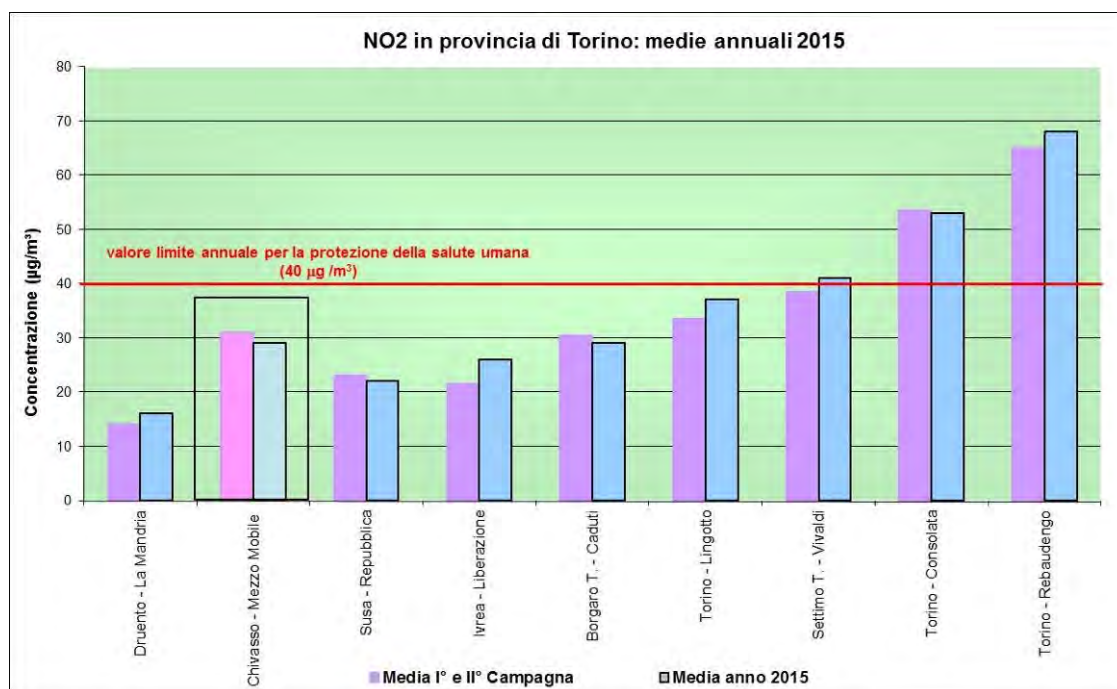


Tabella 10 - NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2015 nella provincia di Torino

	Inverno	Estate	media periodo campagne	Annuale 2015
Stazione	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole Reale - Diga	3	5	4	5
Druento - La Mandria	24	4	14	16
Oulx - Roma	29	13	21	20
Susa - Repubblica	32	14	23	22
Chieri - Bersezio	36	11	24	25
Ivrea - Liberazione	35	8	22	26
Borgaro T. - Caduti	48	13	31	29
Leini'(ACEA) - Grande Torino	42	11	27	31
TO - Mezzo Mobile	49	13	31	29 (*)
Orbassano - Gozzano	44	16	30	35
Collegno - Francia	52	25	39	36
Torino - Lingotto	48	19	34	37
Carmagnola - I Maggio	49	27	38	38
Settimo T. - Vivaldi	59	18	39	41
Vinovo - Volontari	65	21	43	43
Torino - Rubino	58	20	39	44
Torino - Consolata	73	34	54	53
Torino - Rebaudengo	87	43	65	68
media stazioni analoghe	51	18	35	36

(*)= media annuale NO₂ stimata

Figura 27 - NO_2 - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Chivasso – Mezzo Mobile è stata stimata



Si sono calcolate le medie di NO_2 , per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Leini, Settimo) e ovest (Collegno); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è stimato un valore di concentrazione media annuale a Chivasso di 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un po' più elevata di quella stimata utilizzando la sola stazione di Borgaro T.se ma comunque al di sotto dell'indicatore normativo annuale

BENZENE E TOLUENE

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (*Tabella 11*), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e un valore massimo di $6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatosi in inverno.

Dalla *Figura 28*, si può vedere come i dati di benzene a Chivasso abbiano valori intermedi tra quelli mediamente più alti delle stazioni di traffico come quella di Settimo T.se e quelli più bassi della stazione di fondo come Vinovo. Nel periodo invernale durante il quale è maggiore la criticità per questo inquinante i livelli misurati a Chivasso sono inferiori sia alle stazioni di traffico che a quelle di fondo.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, della stazione che ha registrato nei due periodi di misura livelli di concentrazione analoghe al sito di monitoraggio (Vinovo); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

m_c : media periodo campagne benzene Chivasso

M_c : media stimata anno 2015 benzene Chivasso

m_p : media periodo campagne benzene Vinovo

M_p : media anno 2015 benzene Vinovo

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi [Figura 30](#)) valore inferiore al limite, ma superiore alla stazione fissa di Vinovo, in quanto il sito di Chivasso è maggiormente influenzato dal traffico, come si è osservato anche nelle considerazioni relative al monossido di azoto.

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Tabella 11 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2.5	0.9
Massima media giornaliera	3.3	1.6
Media delle medie giornaliere (b):	2.9	1.2
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	2.9	1.2
Massima media oraria	6.3	3.7
Ore valide	390	669
Percentuale ore valide	81%	100%

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e $11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e la massima media oraria invernale è di $39.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ([Tabella 12](#)), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 12 – Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4.9	1.7
Massima media giornaliera	11.3	4.4
Media delle medie giornaliere (b):	7.9	2.9
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	7.9	2.9
Massima media oraria	39.5	14.8
Ore valide	390	669
Percentuale ore valide	81%	100%

Figura 28 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio

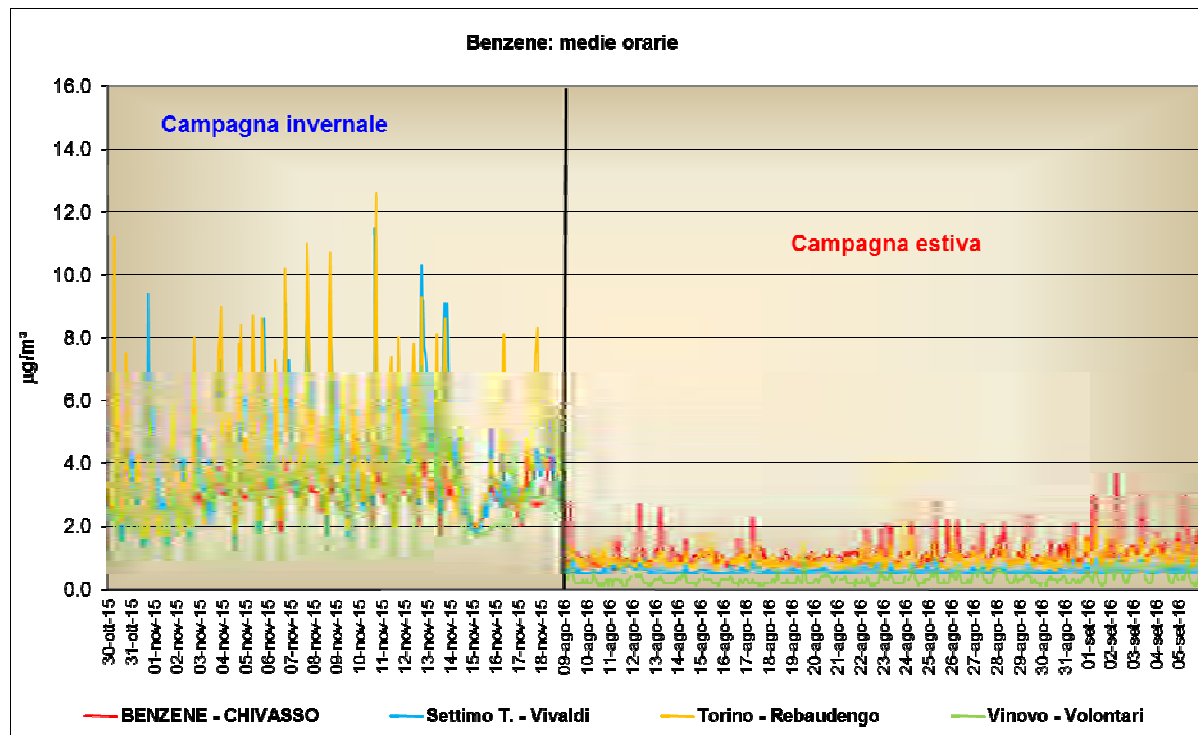


Figura 29 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio

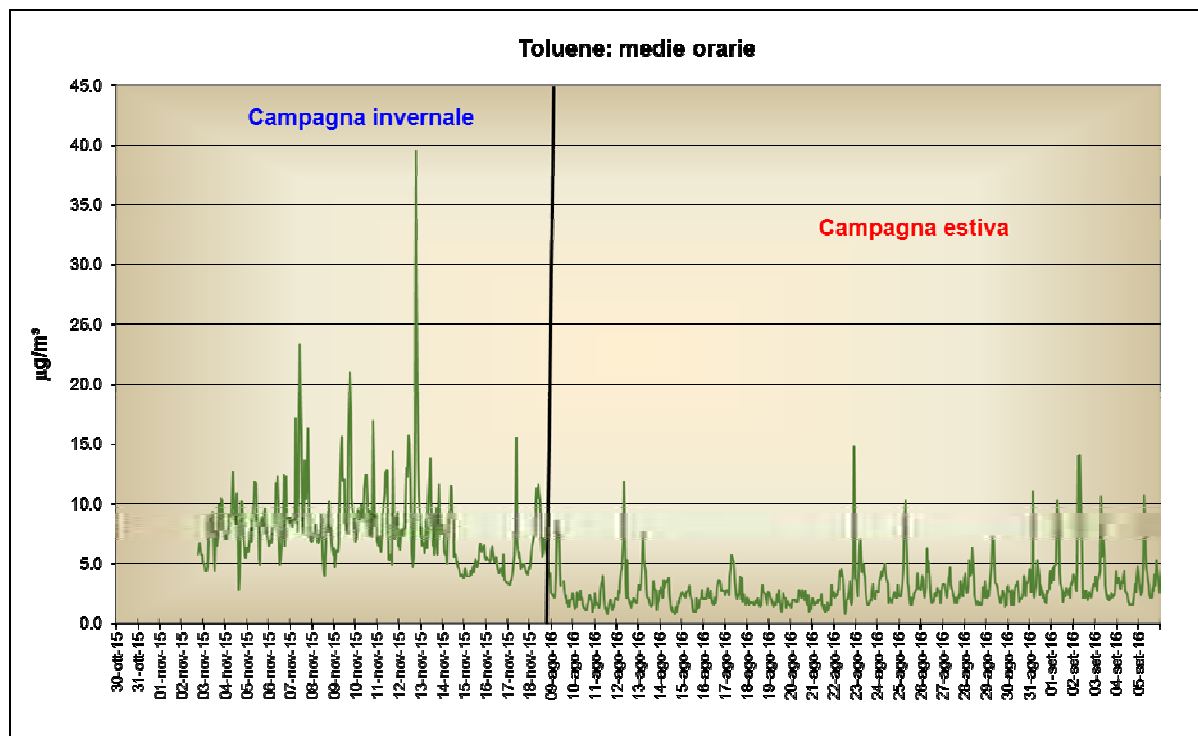
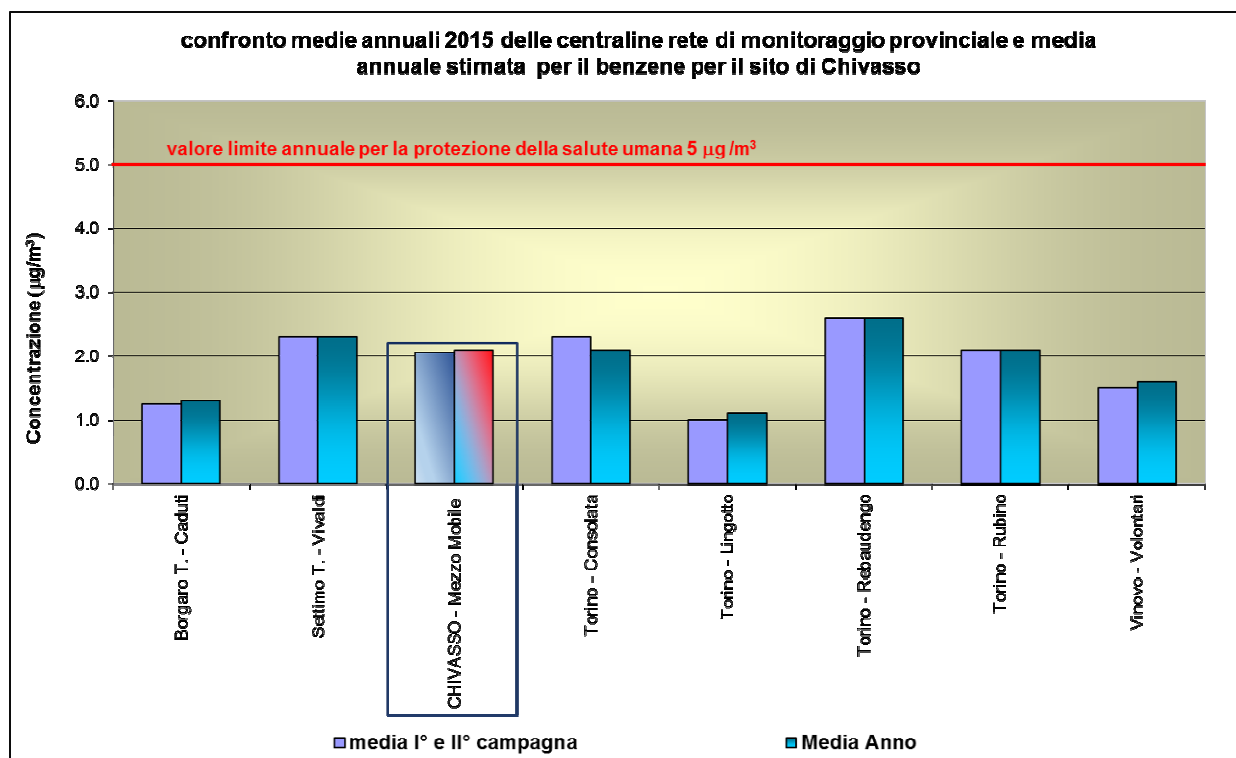


Figura 30 - Benzene confronto media annuale 2015 e media del periodo



Errata corrige: si evidenzia un errore nella relazione relativa alla prima campagna di misura relativamente alla scala dell'asse delle ordinate nelle figure 21 e 22 relative al profilo orario del benzene e del Toluene

Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico da precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm) calcolati come media annuale pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio invernale la media dei valori di concentrazione di particolato PM₁₀ è stata pari a 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi [Tabella 13](#)), con un valore massimo giornaliero di 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 12 superamenti del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I superamenti sono avvenuti tra il 2 e il 14 novembre in maniera analoga ad altre stazioni di confronto ([Figura 23](#)), successivamente i valori si sono abbassati a causa della maggiore instabilità atmosferica.

Tabella 13 – Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	25	8
Massima media giornaliera	89	46
Media delle medie giornaliere (b):	58	21
Giorni validi	18	28
Percentuale giorni validi	90%	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	12	0

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e si collocano tra quelli della stazione di Settimo, Torino - Rebaudengo e quelli di Collegno, stazioni rappresentative del traffico urbano torinese.

Nella seconda campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM₁₀ è inferiore alla prima campagna invernale per ragioni soprattutto meteorologiche. Nella campagna invernale si è registrata una media di 11 µg/m³, (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 19 µg/m³, e zero superamenti del valore giornaliero dei 50 µg/m³.

La durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo annuale (40 µg/m³) e non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 38 µg/m³, quindi al di sotto del limite normativo annuale (40 µg/m³), come si può vedere in Figura 23.

Per stimare il numero di superamenti nel corso dell'anno ci si è basati sulle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero. Tali elaborazioni si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM₁₀ – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo". Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM₁₀, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa 24,7 µg/m³ a livello piemontese, pertanto a Chivasso, avendo stimato una media annuale di 38 µg/m³, il numero di superamenti sarebbe superiore al limite, ossia ai 35 consentiti dalla legge in un anno. Ciò si conferma considerando l'analogia con le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini come ad es. Collegno nel corso dell'anno ha avuto un totale di 81 superamenti.

In Figura 24 si riporta il confronto del numero di superamenti del limite giornaliero registrati, durante la campagna di misura, presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e presso il sito del laboratorio mobile.

Tabella 14 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	19	5
Massima media giornaliera	75	19
Media delle medie giornaliere (b):	49	11
Giorni validi	19	27
Percentuale giorni validi	95%	96%

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ per il periodo delle campagne della stazione di Collegno, che presentava concentrazioni simili al sito di Chivasso; dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

m_c : media periodo campagne PM₁₀ Chivasso

M_c : media stimata anno 2015 PM₁₀ Chivasso

m_p : media periodo campagne PM10 Collegno
 M_p : media anno 2015 PM10 Collegno

In Tabella 14 sono riportati i dati relativi al PM_{2.5} durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM_{2.5} è stata pari a 11 µg/m³ in estate e 49 µg/m³ in inverno, con un valore massimo giornaliero di 75 µg/m³ registrato il 12 novembre.

I valori sono molto simili alla stazione di fondo di Settimo T.se (Figura 36) e rappresentano circa l'80 % del PM₁₀. Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico PM_{2.5} è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

Per stimare la media annuale si è seguito lo stesso procedimento utilizzato per il PM₁₀, prendendo però come riferimento la stazione fissa di Settimo T.se. La stima annuale ottenuta è pari a 31 µg/m³ e quindi superiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 25 µg/m³ imposto dal D.Lgs 155/2010 (Tabella 16). In termini relativi tale media annuale si situa nell'intorno dei valori più alti rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 37).

Tabella 15 - PM10 (µg/m³) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna invernale		campagna estiva		periodo I° e II° campagna		anno 2015	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2015 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Baldissero T.(ACEA) - parco	25	2	14	0	20	1	17	8
Borgaro T. - Caduti	47	6	14	0	31	3	35	71
Susa - Repubblica	19	0	15	0	17	0	18	11
Druento - La Mandria	29	0	17	0	23	0	23	23
Ivrea - Liberazione	41	3	18	0	30	2	28	55
CHIVASSO - Mezzo Mobile	58	12	21	0	40	6	38(*)	
Collegno - Francia	54	12	21	0	38	6	36	81
Torino - Lingotto	62	13	21	0	42	7		86
Settimo T. - Vivaldi	60	8	16	0	38	4	39	98
Torino - Consolata	61	15	21	0	41	8	40	93
Carmagnola - I Maggio	62	15	26	0	44	8	41	107
Torino - Rebaudengo	68	19	21	0	45	10	43	101
Torino - Grassi	63	18	24	0	44	9	-	
Torino - Rubino	57	14	19	0	38	7	36	84
Oulx - Roma	16	0	17	0	17	0	18	7
Leini'(ACEA) - Grande Torino	51	9	19	0	35	5	36	84

(*) media stimata

Contestualmente alla verifica dei parametri di legge tramite laboratorio mobile è stato installato un campionatore gravimetrico di polveri presso l'ex asilo di via Moro al fine di valutare i livelli di PM₁₀ in

quel contesto. Purtroppo durante il monitoraggio invernale, a causa di ripetuti guasti strumentali, non è stato possibile fare valutazioni su quest'area della città.

Nella *Figura 35* si riportano i livelli giornalieri registrati presso l'ex asilo di via Moro confrontandoli con quanto misurato sia presso il sito di viale Vittorio Veneto a Chivasso sia presso altre stazioni della rete fissa provinciale. I valori medi giornalieri misurati presso il sito di via Moro - Chivasso sono sempre inferiori non solo alle stazioni della rete fissa provinciale utilizzate per il confronto ma anche al sito di viale V. Veneto a Chivasso, maggiormente interessato dal traffico veicolare.

Tabella 16: $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna invernale	Campagna estiva	media campagne	anno 2015
	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]
Borgaro T. - Caduti	36	14	25	26
Chieri - Bersezio	41	12	27	24
Ivrea - Liberazione	34	12	23	24
Leini'(ACEA) - Grande Torino	43	11	27	30
Settimo T. - Vivaldi	48	12	30	31
CHIVASSO - Mezzo Mobile	49	11	30	31 (*)
Torino - Lingotto	46	12	29	27

(*) media stimata

Figura 31 – Particolato sospeso PM_{10} : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

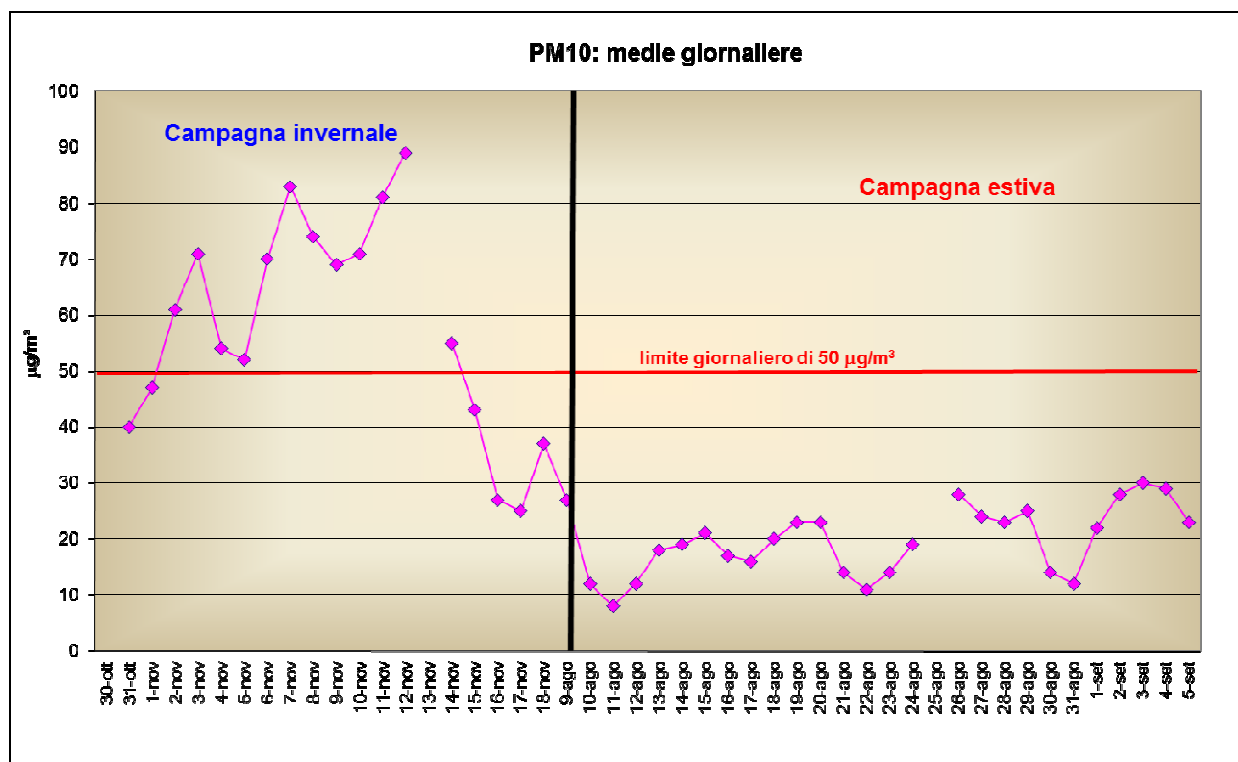


Figura 32– Particolato sospeso PM₁₀: confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa

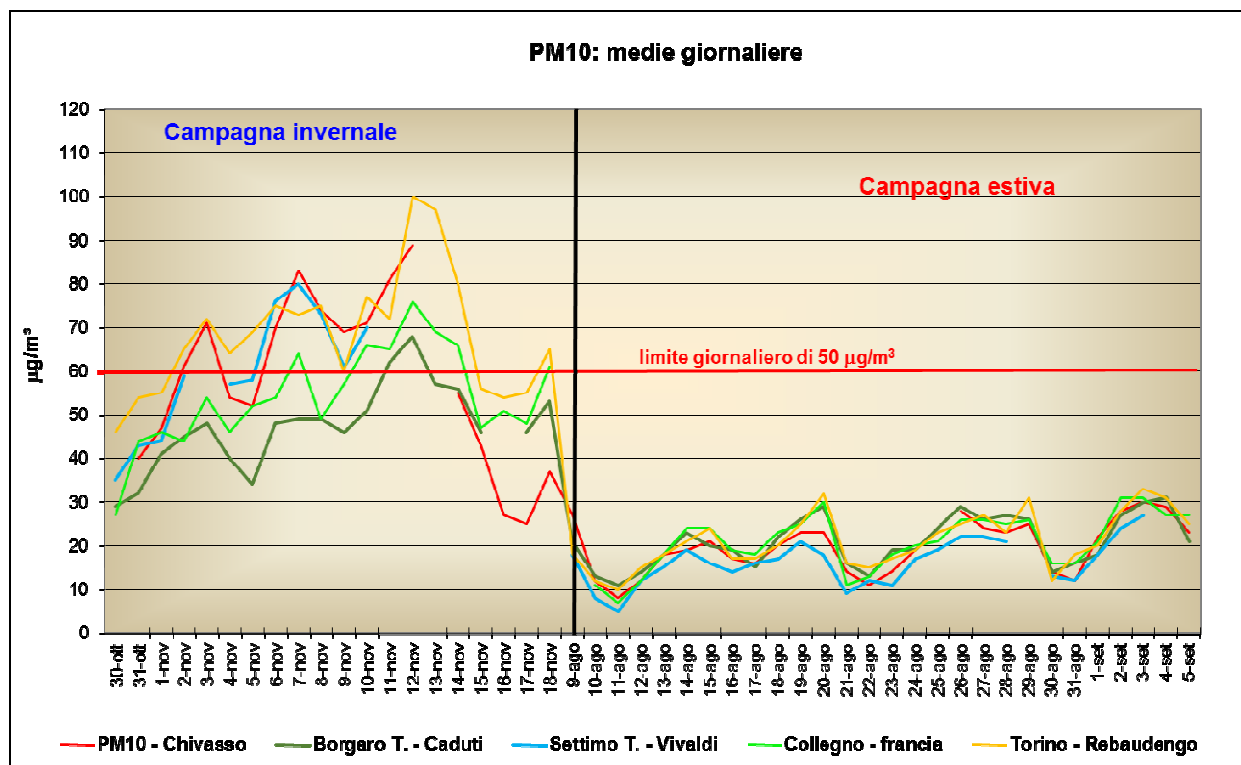


Figura 33 - Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino

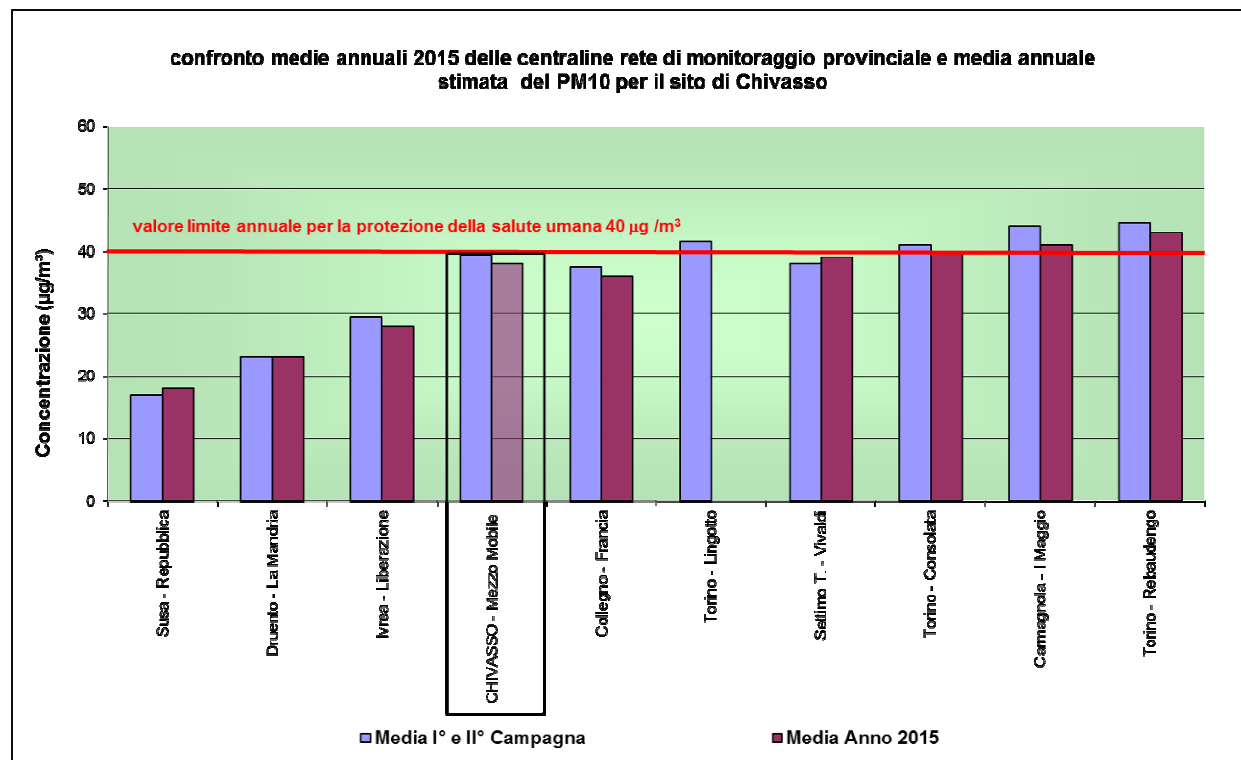


Figura 34 - Particolato sospeso PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.

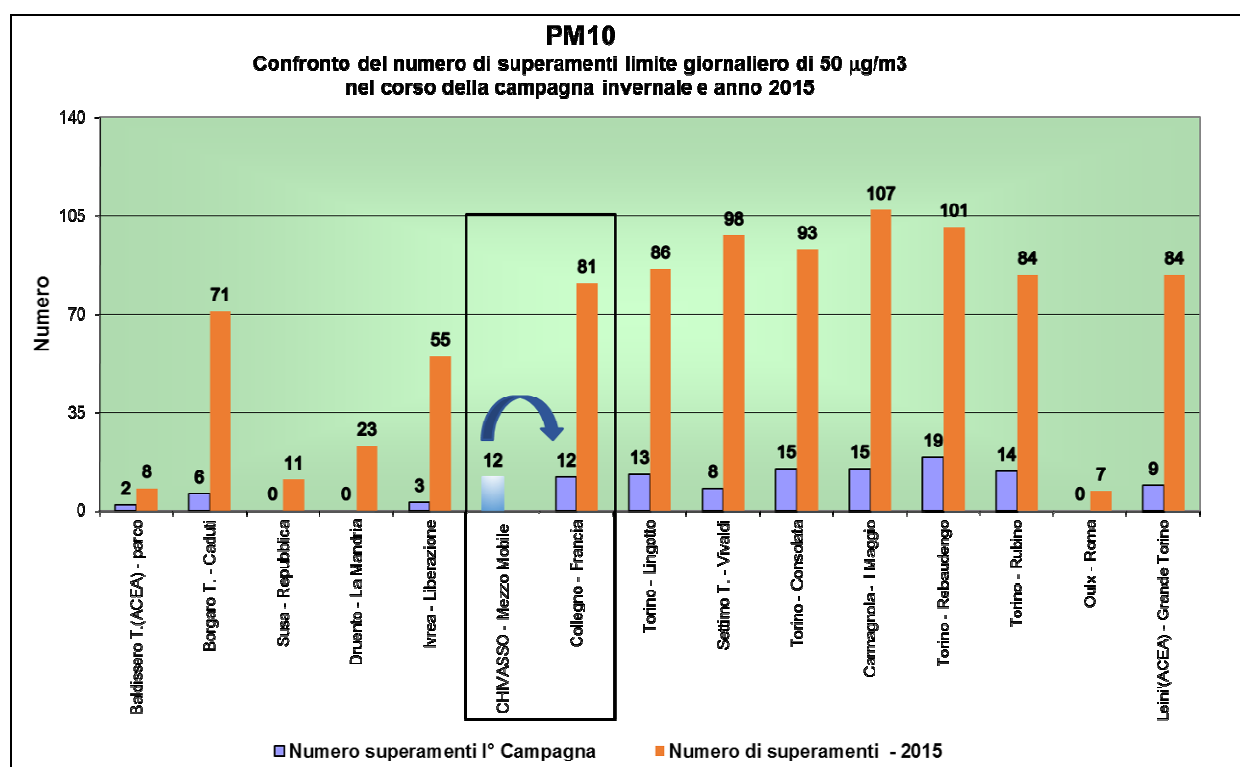


Figura 35 - Particolato sospeso PM10 – confronto tra le medie giornaliere registrate presso i due siti di Chivasso e altre stazioni della rete.

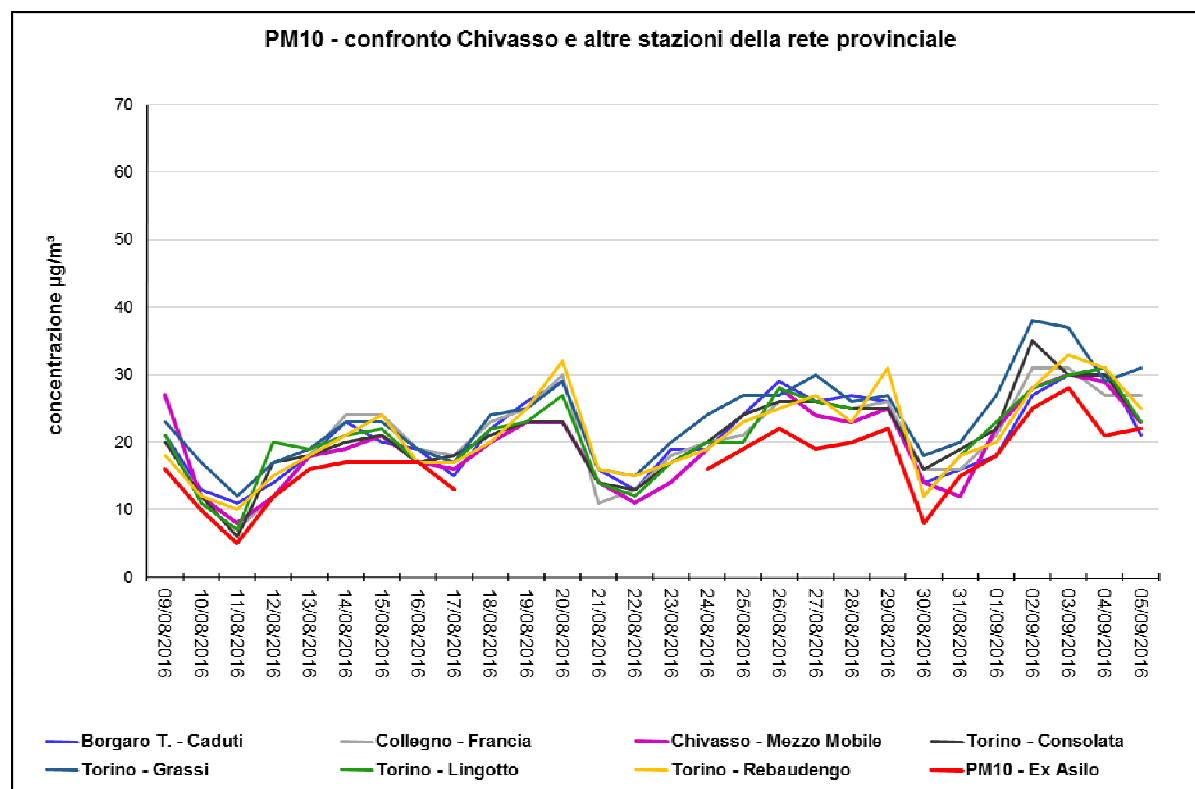


Figura 36 – Particolato sospeso $PM_{2.5}$, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

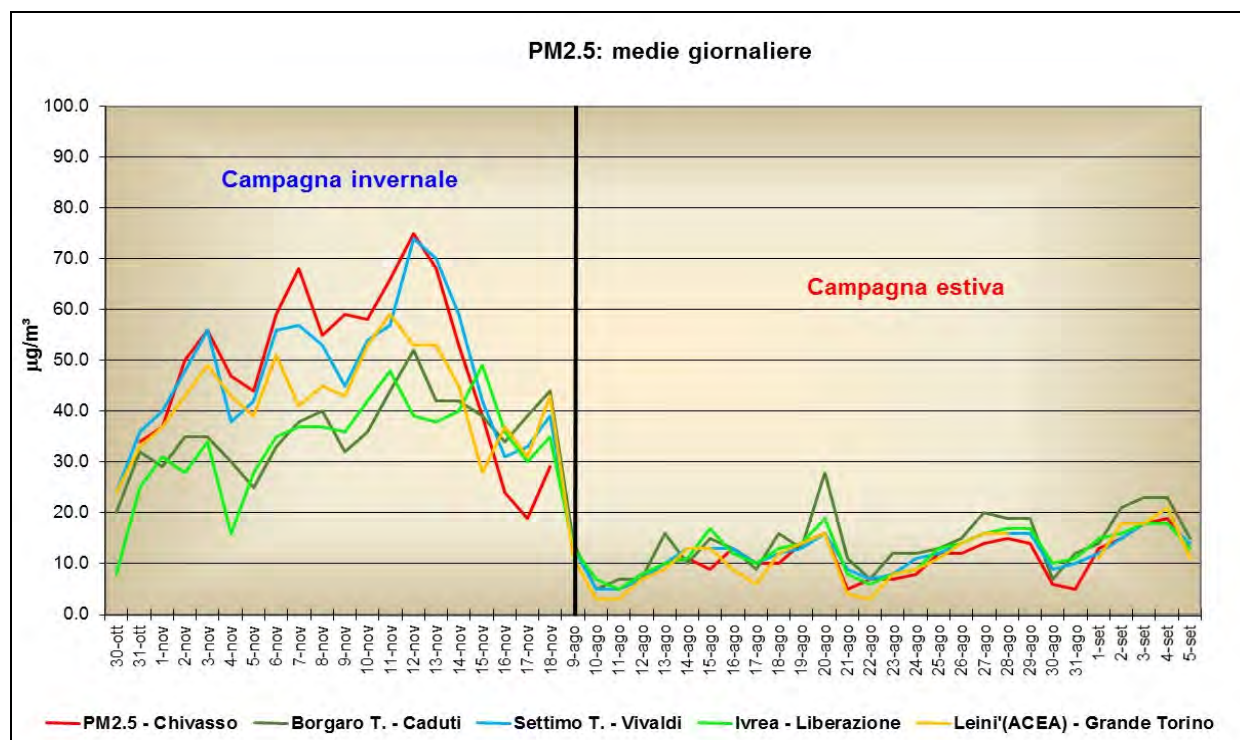
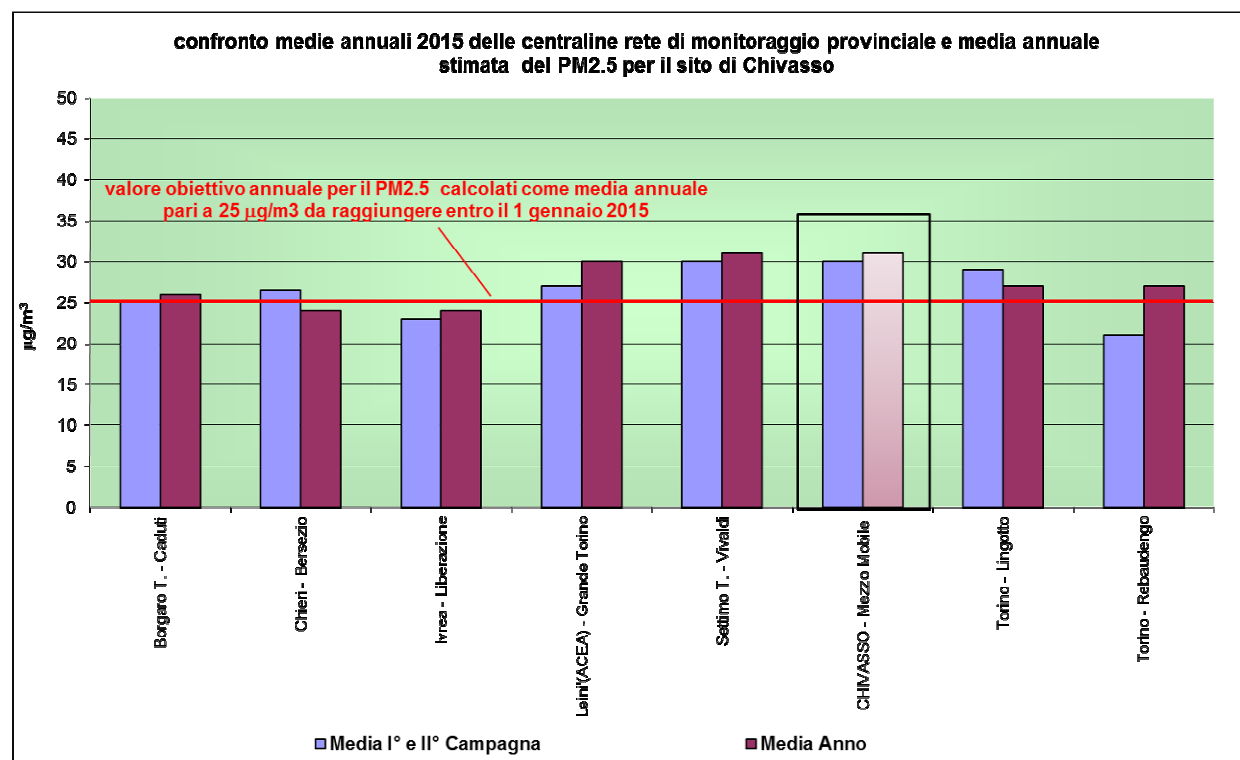


Figura 37 - Particolato sospeso $PM_{2.5}$ confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%². A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)³.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁴ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

Tabella 17 - benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
VALORE OBIETTIVO (D.Lgs 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³

² European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

³ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

⁴ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Chivasso è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Dall'analisi dei dati notiamo che il benzo(a)pirene e gli altri IPA monitorati presentano concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi *Figura 38* ÷ *Figura 41*); il valore medio sia di Benzo(a)pirene risulta molto vicino a quello registrato presso le stazioni di traffico come Torino - Rebaudengo e Settimo T.se - Vivaldi.

Si può però considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici da cui emerge che presso il sito di Chivasso la media di BaP stimata è pari a 1.1 ng/m³ quindi superiore al limite normativo.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM₁₀ dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, utilizzando come riferimento le stazioni con livelli simili (Torino - Consolata e Torino – Lingotto); per le concentrazioni nel PM_{2.5} il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni degli IPA nel PM_{2.5}. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso, permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

m_c : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Chivasso

M_c : media stimata anno 2015 per ogni parametro IPA di Chivasso

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA nelle due stazioni di Torino considerate

M_p : media anno 2015 per ogni parametro IPA nelle due stazioni di Torino considerate

Gli IPA determinati sul particolato PM_{2.5} seguono lo stesso andamento di quelle analizzati sul PM₁₀ e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura.

Tabella 18 - Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagne	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.89	0.62	0.04	0.04	0.47	0.33
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	5.24	3.7	1.37	0.86	3.31	2.28
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	2.2	1.5	0.10	0.09	1.15	0.80
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	2.08	1.54	1.27	1.04	1.68	1.29

Figura 38 - Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

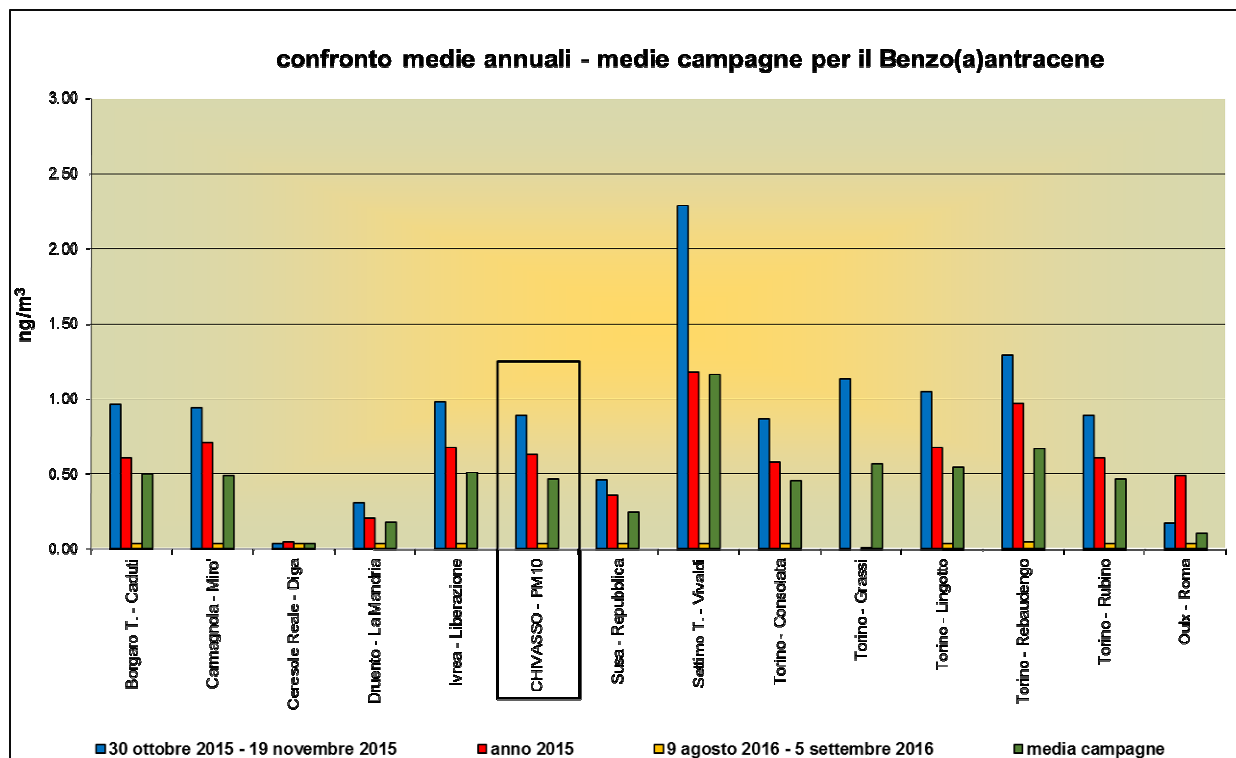


Figura 39 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

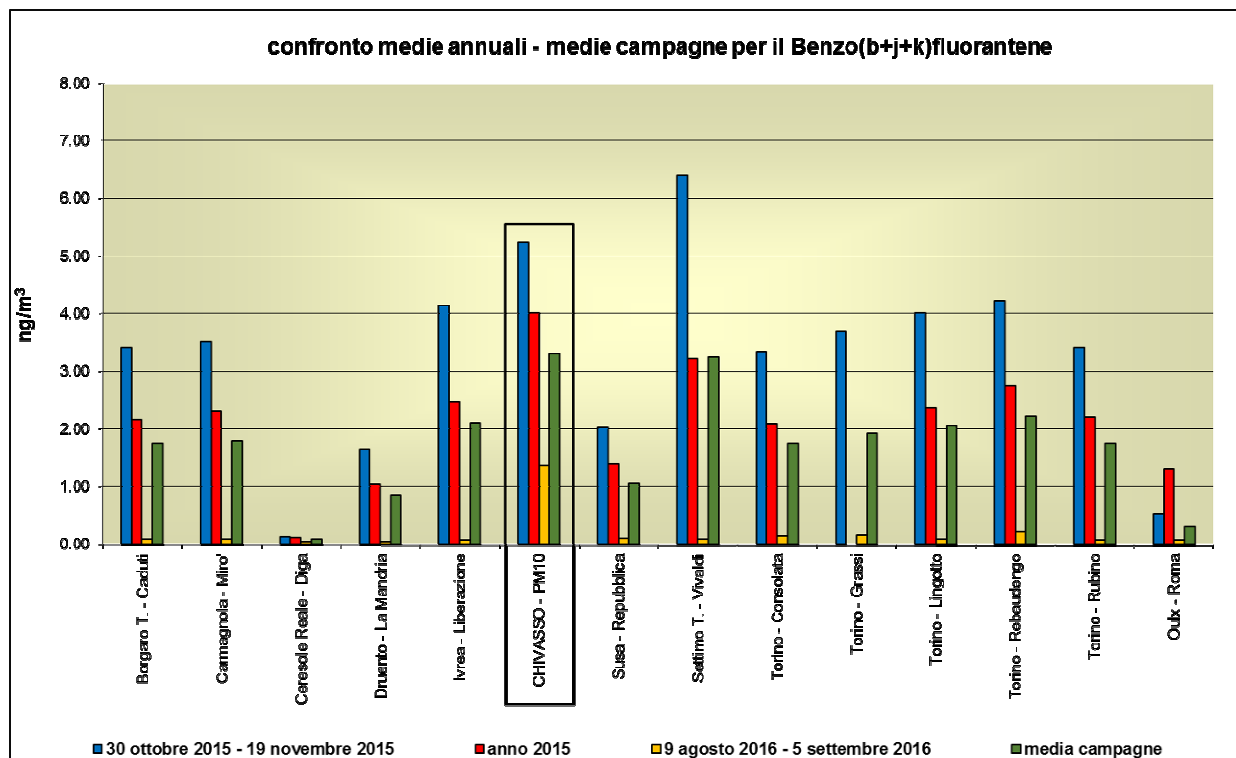


Figura 40 - Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

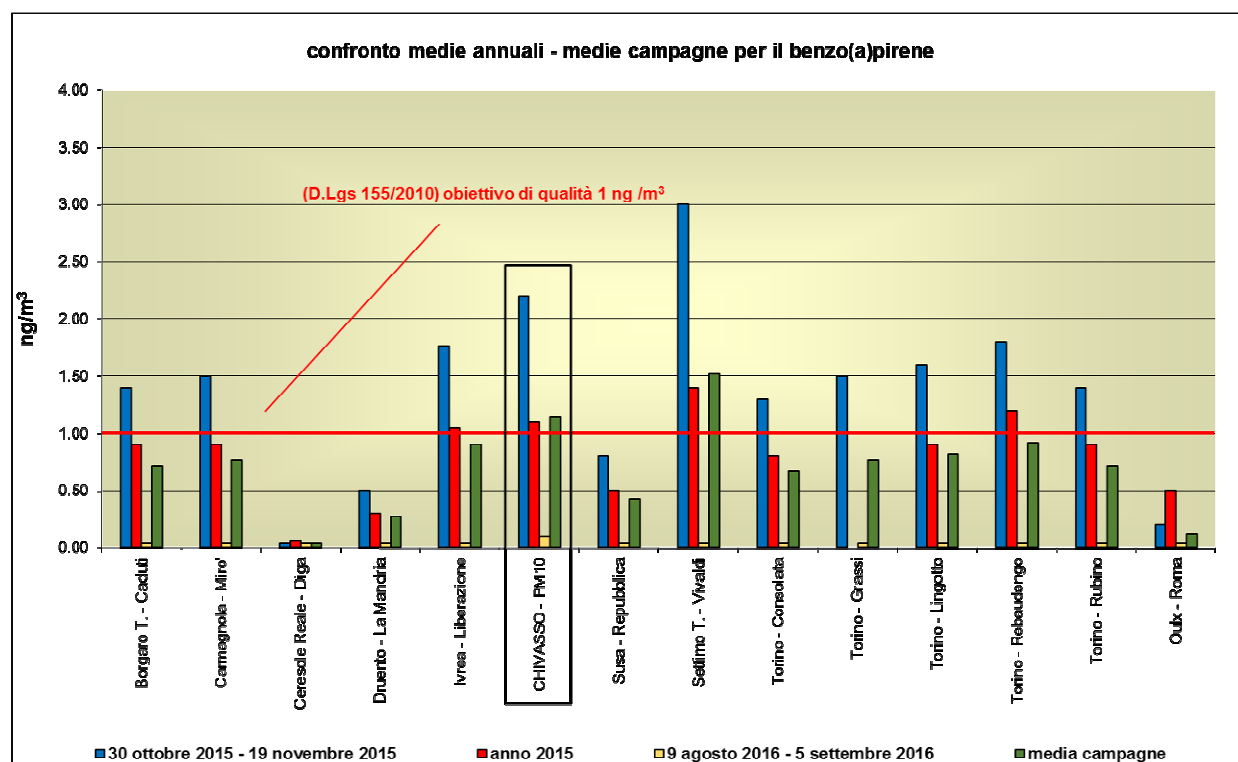
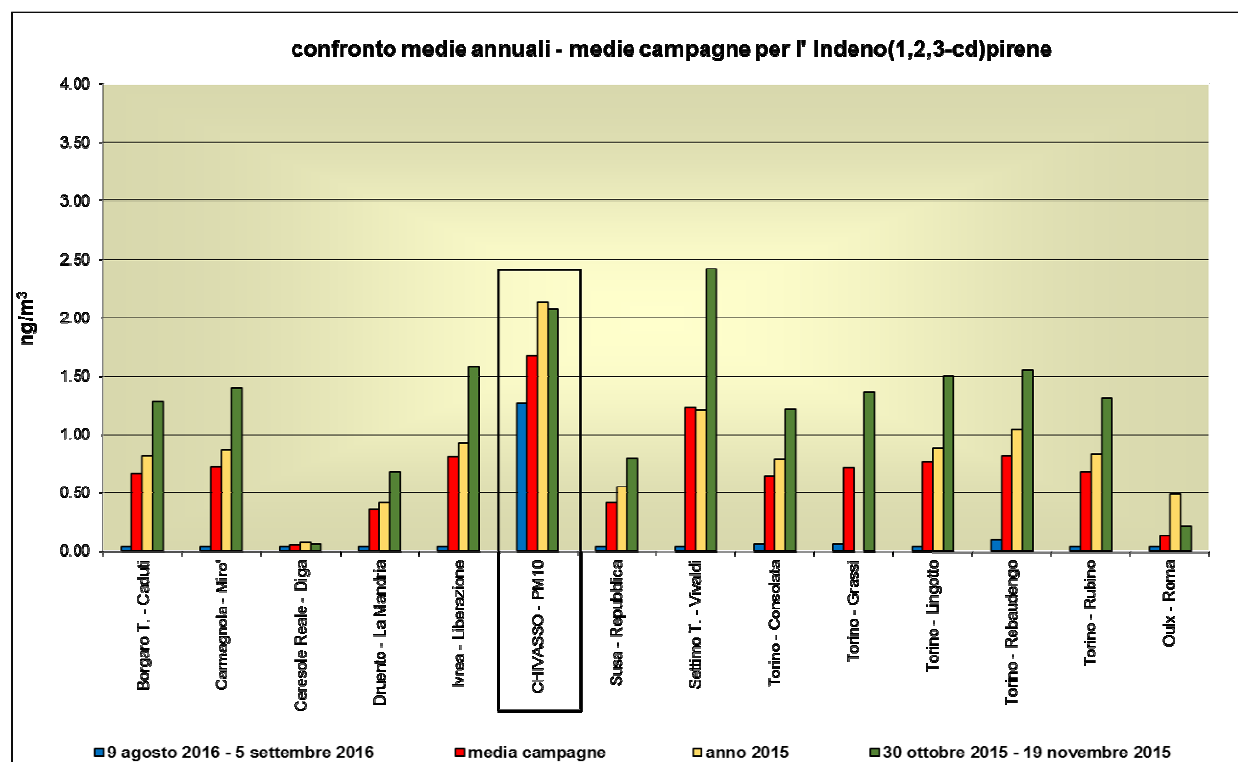


Figura 41 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



Metalli

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti e organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di α_1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 19 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Tabella 19 - valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Chivasso oggetto della relazione è pari a circa due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM₁₀ di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Borgaro T.- Caduti; per le concentrazioni nel PM_{2.5} il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale sono state analizzate le concentrazioni dei metalli nel PM_{2.5} fino al 2015. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo Chivasso

M_c : media stimata anno 2015 per ogni metallo Chivasso

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Borgaro - Caduti

M_p : media anno 2015 per ogni metallo Borgaro T.- Caduti

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio (es. Carmagnola e Ivrea) ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino.

Le concentrazioni dei metalli determinati su PM_{2.5} seguono lo stesso andamento di quelli analizzati su PM₁₀, con concentrazioni confrontabili in tutti i casi tranne che per il nichel, che nel PM_{2.5} è presente in quantità minore.

Tabella 20 - Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cadmio (ng/m ³)	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2
Nichel (ng/m ³)	4.6	3.9	0.7	0.7	2.7	2.3
Piombo (µg/m ³)	0.019	0.019	0.001	0.001	0.010	0.010

Figura 42 - Arsenico confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

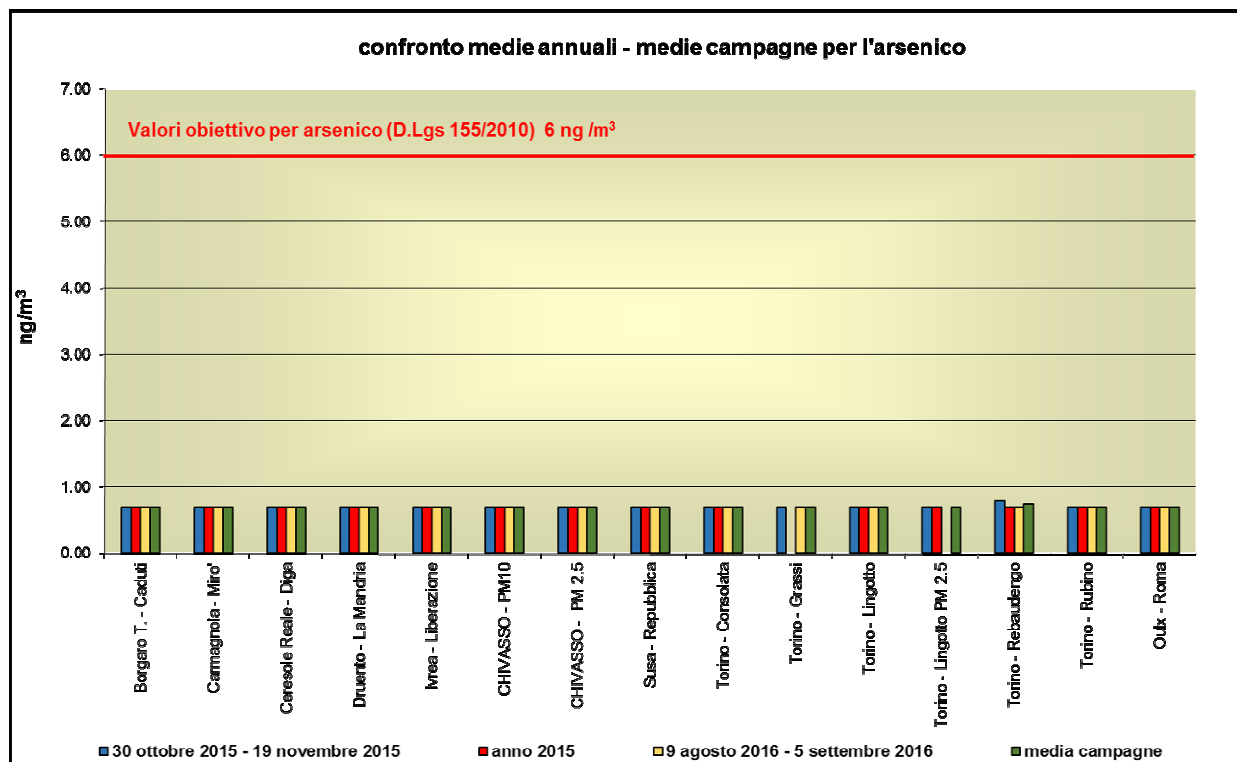


Figura 43 - Cadmio confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

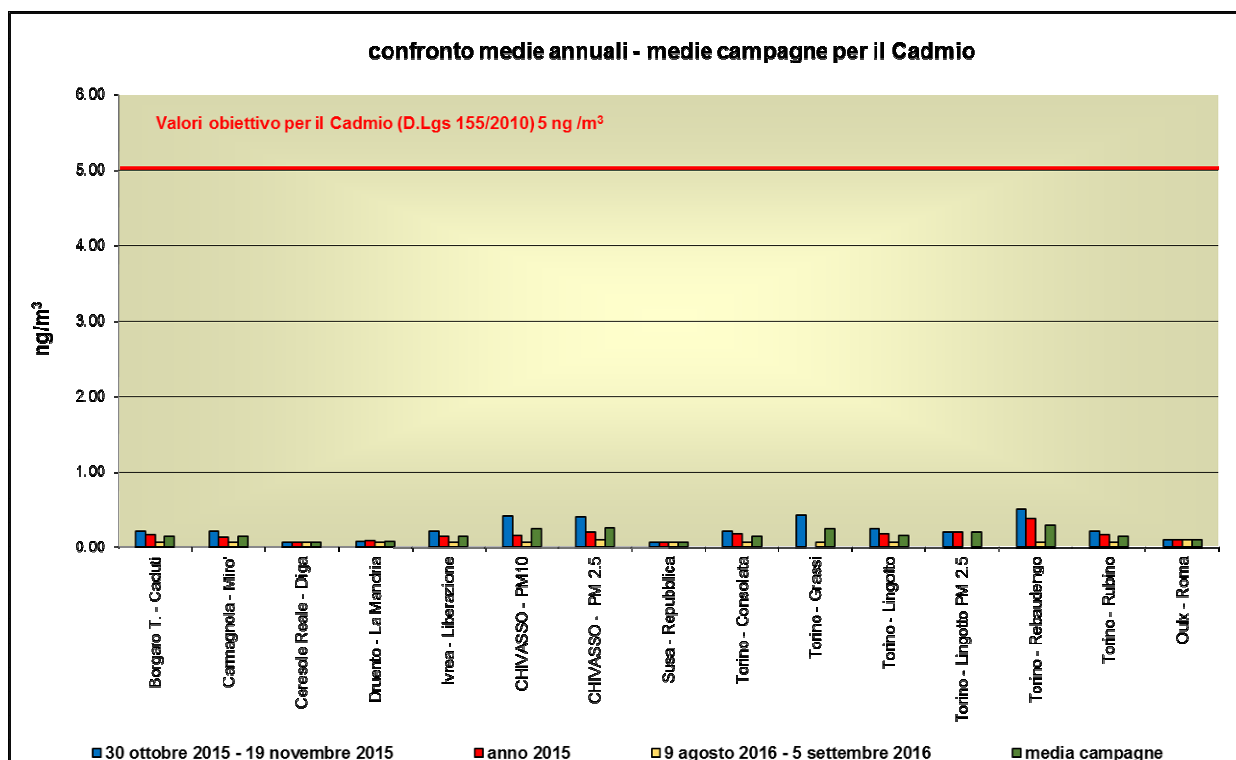


Figura 44 - Nichel confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

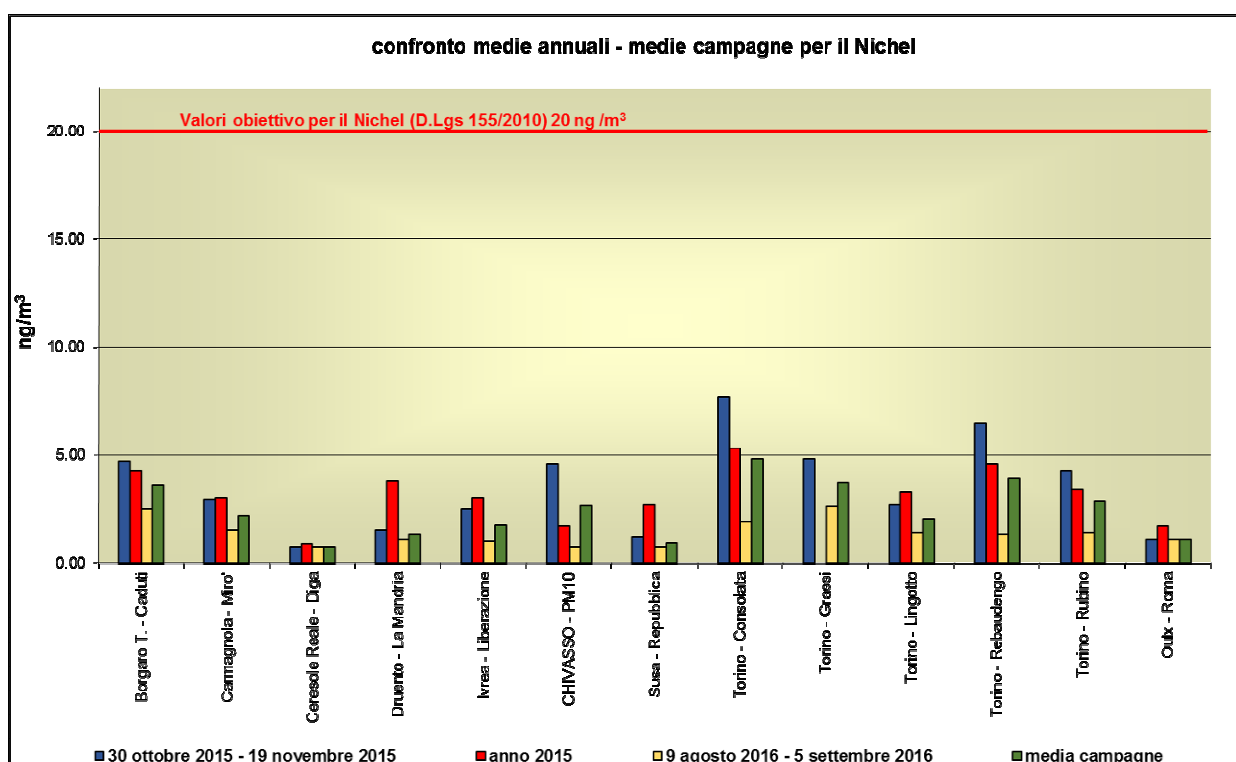
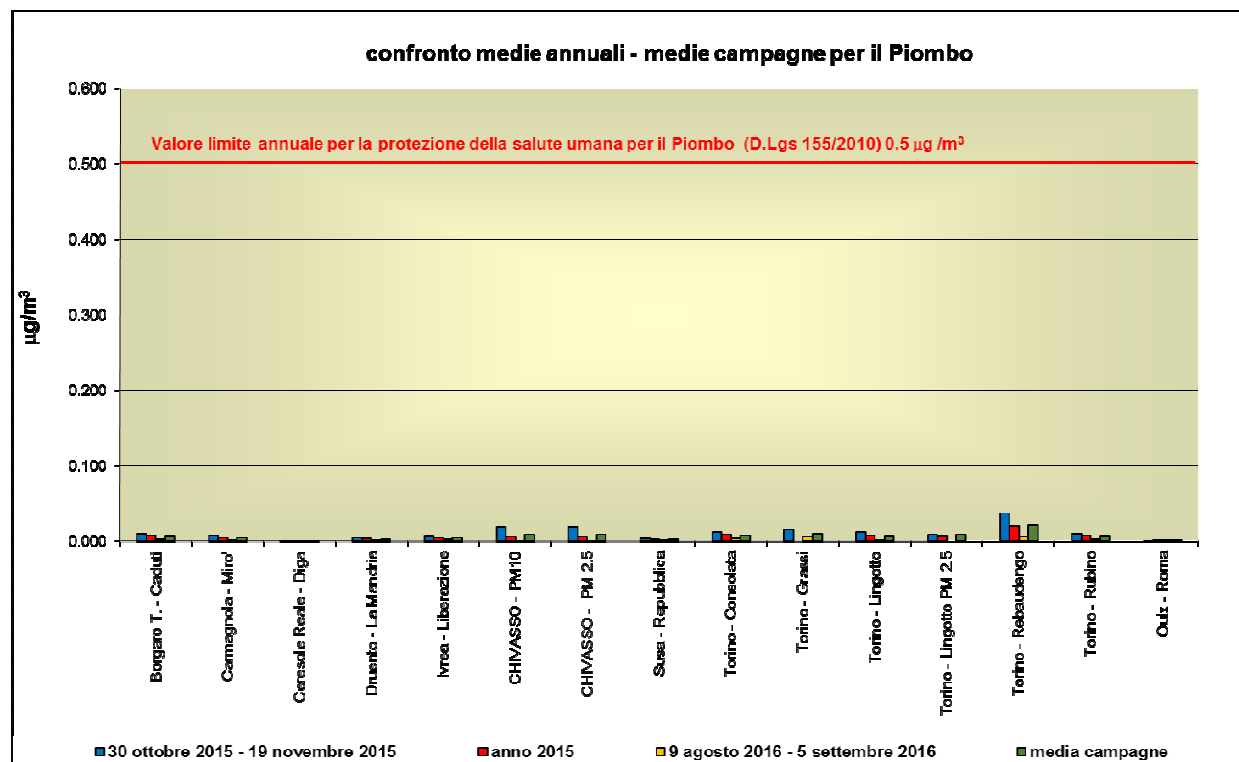


Figura 45 - Piombo confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

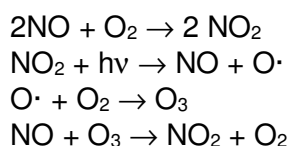


Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NOx) e i composti organici volatili (VOC).

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Durante la campagna primaverile non si sono registrati superamenti dei valori di riferimento della normativa, con un valore medio di 58 µg/m³, e un valore massimo di 136 µg/m³, vedi Tabella 21.

In inverno i valori sono molto più bassi dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 9 µg/m³, con una massima media oraria di 102 µg/m³; non si sono registrati superamenti.

Dal grafico in Figura 46, si può vedere come i valori di picco non sono superino quelli delle altre stazioni usate come confronto.

Nel grafico di Figura 47 invece è possibile notare la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare, a confronto nelle due campagne di monitoraggio. Come si può notare le più elevate temperature primaverili ed il maggiore irraggiamento solare hanno favorito una superiore formazione di ozono nella campagna primaverile rispetto a quella invernale.

I valori più alti di ozono sono tipici del periodo estivo, l'ozono infatti viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per cui è un inquinante critico nei mesi più caldi dell'anno.

Tabella 21 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g/m^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3	35
Massima media giornaliera	24	75
Media delle medie giornaliere (b):	9	58
Giorni validi	20	28
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	9	58
Massima media oraria	102	136
Ore valide	480	670
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	2	9
Media delle medie 8 ore	9	58
Massimo medie 8 ore	61	121
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	3
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	2
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 46 – O_3 : andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo primaverile

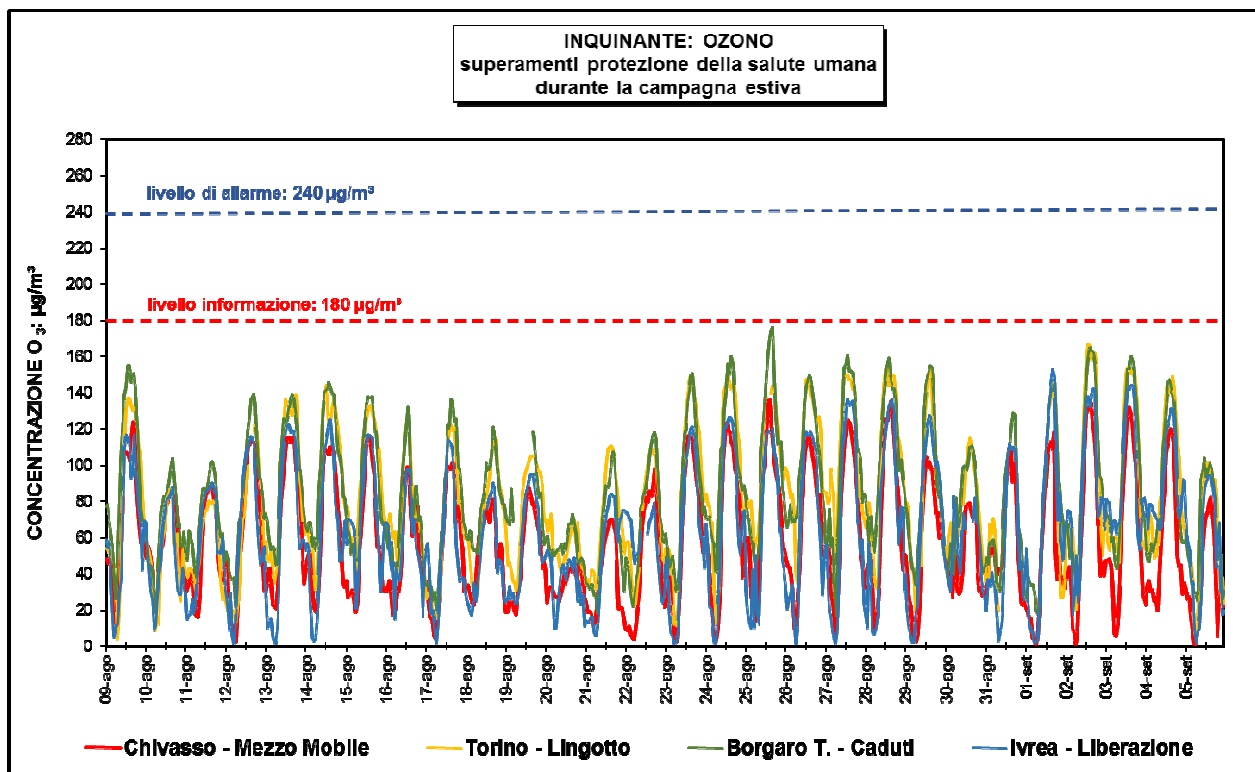


Figura 47 - O_3 : confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

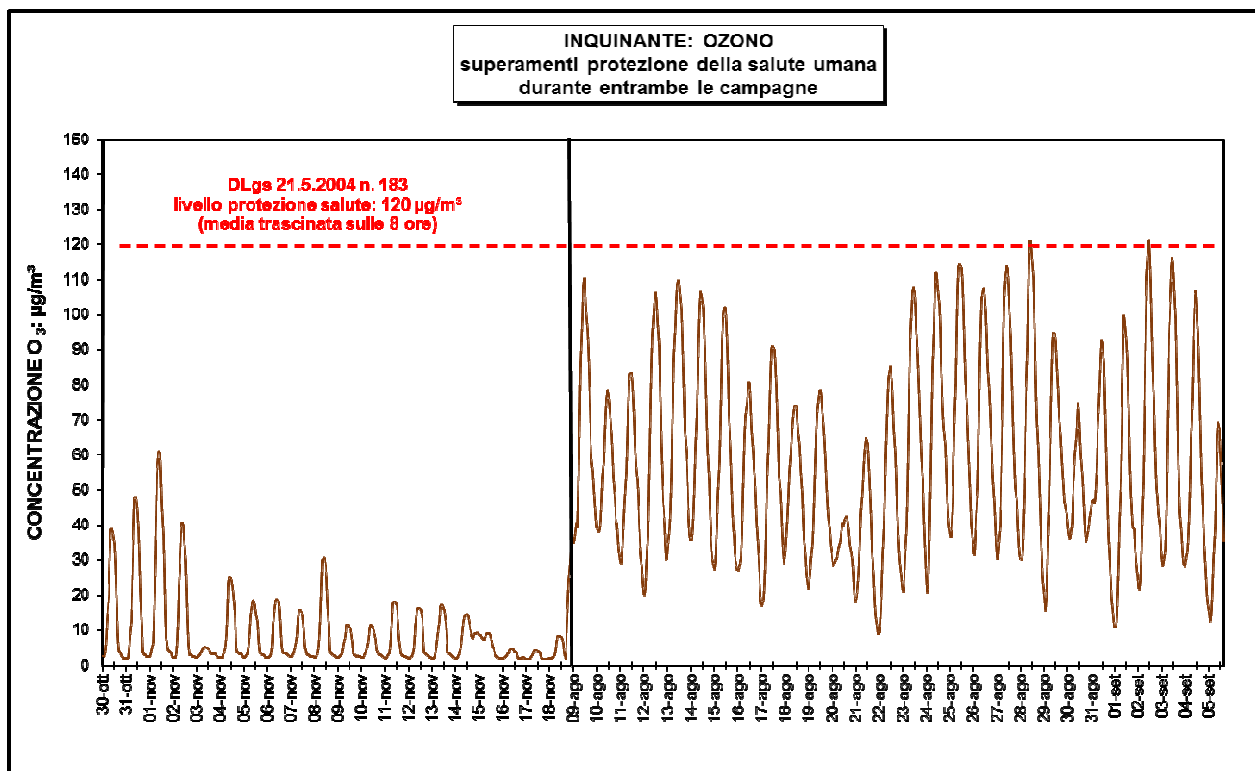


Figura 48 - O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

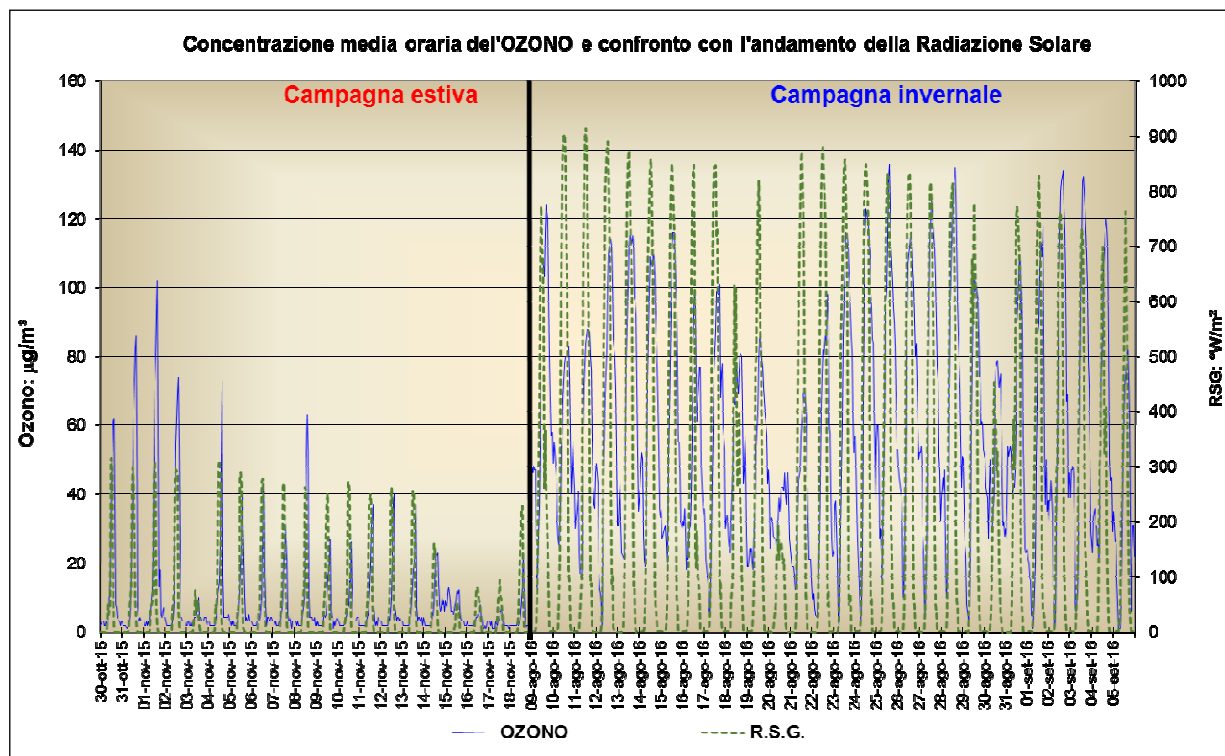
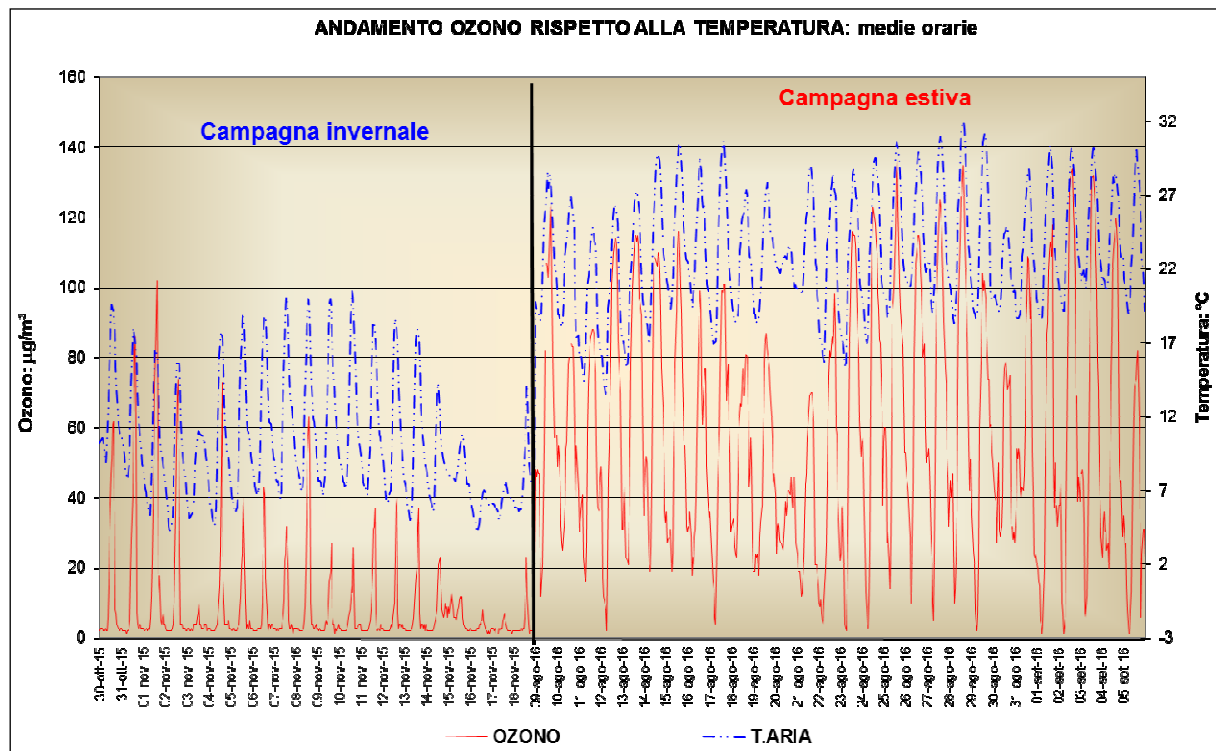
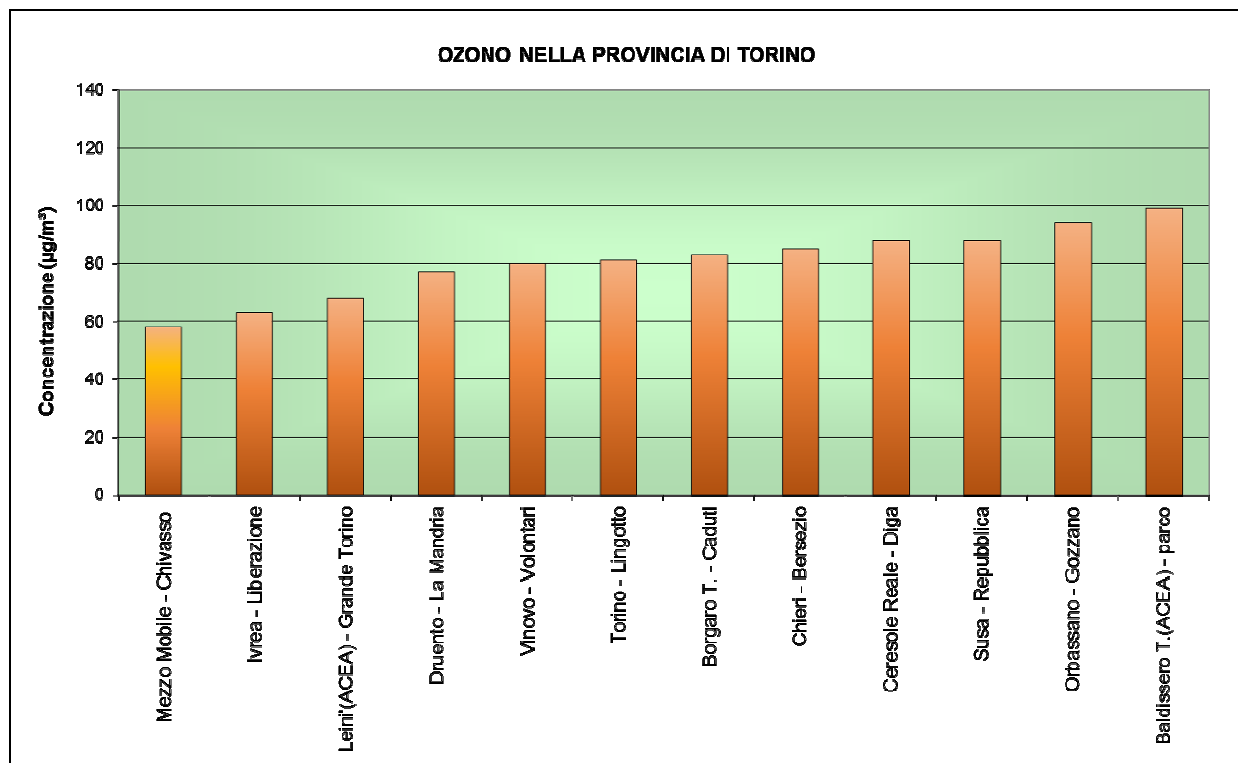


Figura 49 – O_3 andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



Nella *Figura 50* si riporta il confronto tra le medie del periodo estivo registrate a Chivasso con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa rispetto alla quale il sito di Chivasso presenta un valore medio inferiore a quello delle stazioni fisse prese come riferimento.

Figura 50 - O_3 confronto delle medie del periodo 17 marzo – 8 aprile 2015



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalla campagna di monitoraggio del comune di Chivasso risulta simile a quello misurato in siti maggiormente influenzati dal traffico urbano, come ad esempio Settimo Torinese.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM₁₀. Infatti, per quest'ultimo sono stati registrati dodici superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (50 µg/m³); il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile.

Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo mostra come i valori siano tipici di quella di una stazione di traffico urbano. Poiché le stazioni fisse che hanno mostrato nel periodo di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame (*Figura 34*) presentano tutte su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite non sia rispettato anche nel sito oggetto del monitoraggio.

Per quanto riguarda il valore limite su base annuale del PM₁₀, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati a Collegno, ottenendo una media di 38 µg/m³, inferiore quindi al valore limite annuale per il PM₁₀.

Per quanto concerne il monitoraggio eseguito con campionatore gravimetrico presso l'ex asilo di via A. Moro non è stato possibile fare valutazioni su quest'area della città poiché, mancando i dati del periodo invernale (a causa di ripetuti guasti strumentali) non si è potuta stimare la media annuale. I valori medi giornalieri misurati in quel contesto, durante la campagna estiva, sono risultati sempre inferiori non solo alle stazioni della rete fissa provinciale utilizzate per il confronto (vedi *Figura 35*) ma anche al sito di viale V. Veneto a Chivasso, maggiormente interessato dal traffico veicolare.

Per quanto riguarda il PM_{2.5} la stima del valore medio annuale, pari a 31 µg/m³, superiore al valore limite di 25 µg/m³ previsto dal D.Lgs 155/2010

I dati di PM_{2.5} acquisiti mostrano come la frazione che compone il PM₁₀ sia costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

La stima del valore annuale di benzene non ha evidenziato superamenti.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore; il valore medio annuale stimato per il Benzo(a)pirene (pari a 1.1 ng/m³) evidenzia invece il superamento dell'indicatore normativo.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione priva di particolari criticità ad eccezione del particolato atmosferico e del Benzo(a)pirene. Il quadro d'insieme è coerente con quanto si riscontra nelle aree urbane di pianura del territorio provinciale.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo**

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

- **Ossidi di azoto**

MONITOR EUROPE ML 9841B

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono**

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio**

API 300 A

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- **Particolato sospeso PM10 e PM2.5**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica**

LSI LASTEM

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

- **Benzene, Toluene, Xileni**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³